430.51 5541/v.41
#18627

ISSN 0376–477X

中華農業研究

第四十一卷　　　　第 一 期

目　次

氮肥用量及栽培密度對青割玉米產量之影響
…………謝光照　盧煌勝　何千里　林維和　楊嘉凌　陳振耕　鄭書杏　簡文憲… 1
香附子與稗草殘株對玉米之相剋效應II.雜草植株殘留物對
　玉米幼苗出土率及幼苗生長之影響（英文）……………………張富洲　楊純明… 9
大豆種源之莢長及莢寬之變異與其相關性狀之研究
……………………………………………………詹國連　林順福　魏趨開　黃惠娟…24
臺灣主要山葵品種（系）間之品質分析比較……………胡敏夫　王昭月　劉慧瑛…34
山藥之生產促進及省工栽培研究………………王昭月　賴永昌　譚增偉　劉新裕…43
麥門冬（Ophiopogon spp.）品系間生長特性、產量及品質
　之比較……………………………………………………………徐原田　劉新裕…53
黃色粘板誘捕非洲菊斑潛蠅（*Liriomyza trifolii* (Burgess)）
　之效果測定………………………………………………………王清玲　林鳳琪…61
陡坡地芒果園百喜草覆蓋及敷蓋之研究……………………………………鄭慶生…70
溫室環境模式之研究
　I. 數學模式分析 ……………………………陳加忠　賴建洲　陳志昇　黃照明…79
　II. 模式驗證與應用 …………………………陳加忠　賴建洲　陳志昇　黃照明…90

中華民國八十一年三月
臺灣省農業試驗所出版
中華民國 臺灣省 臺中縣 霧峰鄉

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）41(1)：1～8（1992）

氮肥用量及栽培密度對青割玉米產量之影響[1]

謝光照[2]　盧煌勝[2]　何千里[2]
林維和[3]　楊嘉凌[4]　陳振耕[5]　鄭書杏[6]　簡文憲[6]

摘要：二個青割玉米品系H7及Si4，於春、秋、裡三期作，分別在苗栗、彰化、嘉義及花蓮進行氮肥用量及栽培密度試驗，探討其對於鮮草產量及其他農藝性狀之影響。結果顯示，不論在春、秋或裡作，氮肥及密度處理對青割玉米開花期、株高、乾物質總營養消化率及葉部病害等性狀之影響不大。氮肥用量及栽培密度之反應在不同期作或地區間稍有差異。平均而言，氮肥處理中，以公頃施肥量250kgN之鮮草產量最佳；密度等級中，密度越大者其小區鮮草產量越高，依序爲70×15cm＞70×20cm＞70×25cm；品系間比較，又以H7較優。同時考慮氮肥用量與栽培密度，則以200～250kgN/ha與70×15cm之組合，可得最高之鮮草產量。

關鍵詞：青割玉米、氮肥、密度

以青割玉米作成的青貯料或青割飼料，是一種嗜口性（palatability）佳且營養價值頗高的芻料，故有芻料之王之稱，用來飼養乳牛更可提高泌乳量及乳脂率（Phipps *et al*, 1979）。目前政府正大力推行稻田轉作計畫，玉米是主要推薦作物之一，青割玉米自播種至收穫可完全機械化操作，在降低生產成本及解決農村勞力不足問題上，均較其他作物有利。推廣青割玉米不但可加速稻田轉作計畫之推廣，同時更可促進本省乳牛、肉牛事業之蓬勃發展。

青割玉米之適當收割時期，因品種及季節而異。Thomson and Rogers（1968）認爲當玉米青貯料具有較高籽粒含量時，其價值一般較高。Csermely and Maykuth（1981）相信，青割玉米採收適當時期爲籽粒含水率36～42%，亦整株含水率60～65%之際，此時玉米整株具有最高的乾物產量及飼用價值；一般玉米籽粒用手擠壓沒有乳狀液流出（糊熟期），即爲青割玉米適當收割期（Keiser ,1981）。許等（1987）之結果建議，春作在吐絲後21—28天收割，秋作在吐絲後35—45天收割；而裡作在吐絲後50天收割爲宜（謝等，1989）。影響玉米乾物質生產的因素很多，除基因型與環境因子外，栽培方法如種植密度與肥料用量也有明顯的作用。族群密度造成影響的主要原因在於植株間對養分和環境資源競爭能力的改變，Bryant and Blaser（1968）及 Robinson and Murphy（1972）試驗均顯示青割玉米產量隨密度由每公頃39,500～98,800株之增加而升高，但密度增加並不能提高青貯料之品質；一般而言，玉米單位面積乾物質累積量隨栽培密度增加而升高（Brown, 1986）。Remison and Lucas（1982）發現在每公頃種植37,000至80,000株範圍內，單位面積總乾物質產量因密植而增高。王等（1987）以每公頃31,250、62,500與125,000株之極端密度栽培臺農351號玉米，發現單位面積乾物質產量及成熟期之乾物累積量隨密度之增加而升高。陳（1989）亦指出不論是臺農351或臺農1號，在吐絲期及成熟期之乾物質累積量均同此趨勢。

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1603 號。
2. 本所農藝系助理研究員、研究員及助理研究員。
3. 桃園區農業改良場副研究員。
4. 臺中區農業改良場助理。
5. 臺南區農業改良場助理。
6. 花蓮區農業改良場助理及研究員。

氮素爲構成植物蛋白質與葉綠素的主要成份之一，與各項生理活性均有密切關係，作物乾物質生產爲生理作用之綜合表現，因此亦受氮素供應適當與否的直接影響，Robinson and Murphy (1972) 指出氮肥用量對鮮草產量有顯著的促進作用存在。而玉米乾物質生產的表現對氮肥的反應雖因品種而異，但一般皆隨施用量之增加而提高 (Chevalier and Shrader, 1977) 。Remison and Fajemisin (1979) 測定雜交品種與合成品種對每公頃施用0、75與150公斤氮肥之反應，發現雜交品種在75公斤及合成品種在150公斤時能有最高之乾物產量，顯示基因型與氮肥用量有交感作用存在 (Balko and Russell, 1980) 。Lian (1986) 探討氮肥對台農351號品種之影響，發現春作施肥量自每公頃70公斤增加至210公斤及秋作100公斤增加至300公斤時，作用並不明顯，每公頃乾物質產量分別爲10及15噸左右，推測係受土壤肥力因子的影響。陳 (1989) 發現不同基因型對氮肥反應有異，台農1號之父本 (TA3651-377) 在吐絲期全株乾重對氮肥用量均無反應，但成熟時，氮肥處理間有明顯差異；台農1 號及其母本 (TA2808-176) 的表現則不同，無論吐絲期或成熟期，全株乾重均隨氮肥用量提升而增加。

本試驗在探討氮肥用量及栽培密度對青割玉米鮮草產量之影響，其結果可提供農民栽培青割玉米之參考。

材料與方法

本研究所使用的材料包括H7 (H_1) 及Si4 (H_2) 二個青割玉米單雜交品系，分別由農試所及臺南場朴子分場育成。

試驗地點係在本省北、中、南、東部各設置一處試驗地點，分別由桃園、臺中、臺南及花蓮區農業改良場於其附近租用農家土地進行試驗。播種季節分春、秋、裡等三期作。試驗地點及各地於三期作之播種時期列如表1.

表1. 春、秋、裡作之試驗地點及播種時期

Table 1. Locations and planting dates for the spring, fall and winter crops.

Location	Sping	Fall	Winter
Miaoli	Mar. 22	Sep. 3	—
Changhwa	Mar. 7	Aug. 17	Sep. 22
Chiayi	Mar. 7	Sep. 30	Oct. 24
Hwalien	Mar. 9	Aug. 18	Oct. 18

各試區每期作之氮肥用量分N_1=150kg N/ha, N_2=200kg N/ha, N_3=250kg N/ha, 及N_4=300kg N/ha四個等級。栽培密度分D_1=70x15cm (95,238 plants/ha) ，D_2=70x20cm (71,428 plants/ha) 及D_3=70x25cm (57,142 plants/ha) 三個等級。田間試驗採用裂區設計，以氮肥爲主區，主區依逢機完全區集設計排列，重複四次；密度爲副區，逢機排列於主區中；品系爲副副區，逢機排列於副區中。副副區爲六行小區，行長5m。田區周圍種植臺南白兩行作爲保護行。基肥以每公頃N=60kg，P_2O_5=90kg及K_2O=60 kg 於播種前或播種時施用，追肥以硫銨 (N=21%) 於中耕培土前施用，N_1處理每行施用158g，N_2處理每行施用245g，N_3處理每行施用333g，N_4處理每行施用420g。其餘管理工作，仿照一般玉米栽培法行之。

調查項目包括開花期、株高、小區鮮草產量 (收穫於大姆指壓擠籽粒已無乳漿溢出之糊熟期) 及各種葉部病害 (依玉米主要病害檢定方法劃分爲最抗、抗、中抗、感、最感等5級；1級爲最抗，5級爲最感) 。總營養消化率 (total digestible nutrient percentage, TDN) ，係依據Japan Pioneer

Hybrid Company (1986) 之下列公式計算之：

$$\frac{(\text{莖葉加苞葉乾重}\times 0.582)+(\text{穗乾重}\times 0.85)}{(\text{莖葉加苞葉乾重}+\text{穗乾重})}\times 100=\text{TND}\%$$

結果與討論

本省地處亞熱帶，適合於玉米栽培，玉米在臺灣的生長季節，主要有春作、秋作及裡作。因地理環境因素，春作播種期爲一月上旬至三月下旬，秋作及裡作則在八月上旬至十月下旬。不同期作間之氣象差異極大，通常春作由低溫、短日照逐漸轉爲高溫、多濕及較長日照之環境；而秋作則由高溫、長日照、多濕逐漸轉爲低溫、低濕度及較短日照之環境；在本省不同栽培期作下，玉米生長有明顯的差異（王等，1988）。

本試驗分春、秋及裡作三期作，分別於花蓮瑞穗、彰化芳苑、嘉義溪口及苗栗通霄進行試驗，試驗結果顯示，氮肥及密度處理對開花期、株高、TND及病害等影響並不明顯，品系間差異並不大。春作環境下，達到開花需65天左右，株高爲210～213cm，TDN爲66～67%，銹病等級爲2.3～2.8，煤紋病等級爲3.4～4.1，葉斑病1.3～2.3。秋作環境下，達開花期平均55天，株高185cm左右，TDN爲67～68%，銹病等級爲1.2～1.9，煤紋病2.0～2.8，葉斑病爲1.7～2.2。裡作環境下，達開花期需71天左右，株高爲158～172cm，TDN爲70～71%，銹病等級0.8～1.3，煤紋病等級1.5～2.3，葉斑病等級1.4～1.7（表2）。Hunter (1986)、Rutger and Crowder (1967) 認爲密植對品質並無顯著影響；Cummins and Dobson (1973) 及陳 (1989) 指出栽培密度及氮肥用量對TDN並無顯著差異存在，本試驗結果與其相符。裡作由於生育期長，日夜溫差也大，致使較多的碳水化合物轉移至果穗，果穗比例增加，因此裡作之TDN比春作及秋作稍高。

表2. 不同期作下五項性狀在不同氮肥用量、栽培密度及品種下之平均值

Table 2. Influence of nitrogen, planting density and hybrid on five traits of forage maize at different crop seasons.

Crop season	Treatment	Days to tasseling (day)	Plant height (cm)	TDN (%)	Rust (1-5)	Northern leaf blight (1-5)	Southern leaf blight (1-5)
Spring	N_1	65	212	67	2.8	4.0	1.7
	N_2	65	210	67	2.5	3.8	1.8
	N_3	65	213	67	2.4	3.7	1.3
	N_4	66	212	66	2.3	3.7	1.7
	D_1	65	213	67	2.3	3.4	1.9
	D_2	65	211	67	2.7	4.1	2.3
	D_3	65	210	67	2.8	4.1	2.3
	H_1	65	214	66	3.3	4.7	1.7
	H_2	66	209	67	2.7	3.8	1.5
Fall	N_1	55	183	67	1.8	2.8	2.2
	N_2	55	189	67	1.6	2.0	1.7
	N_3	55	182	68	1.2	2.5	1.8
	N_4	55	183	68	1.5	2.3	1.8
	D_1	55	185	67	1.2	2.4	1.8
	D_2	55	185	67	1.5	2.1	1.9
	D_3	55	182	68	1.9	2.8	1.9
	H_1	55	186	67	1.9	2.6	1.9
	H_2	55	182	68	1.4	2.3	1.8

（續表 2）

	N_1	71	168	71	1.1	1.6	1.6
	N_2	71	166	70	1.0	2.2	1.5
	N_3	72	170	70	1.2	1.5	1.4
	N_4	71	166	71	0.9	2.0	1.7
Winter	D_1	71	164	70	0.8	1.5	1.4
	D_2	71	172	71	1.1	1.9	1.6
	D_3	71	158	71	1.3	2.3	1.6
	H_1	72	171	71	1.1	1.7	1.6
	H_2	71	164	71	1.0	2.0	1.5

本試驗之鮮草產量資料，裡作缺苗栗一個地點，又因花蓮瑞穗之秋作及裡作僅有兩重複，遂以期作及地點進行個別變方分析，詳細結果列如表3。氮肥處理效果達顯著以上的包括春作之苗栗、嘉義，秋作之嘉義，裡作之彰化、嘉義。密度效應除春作之彰化及裡作之花蓮外，其餘均達顯著或極顯著。氮肥及密度之交感作用在秋作之苗栗爲顯著，而秋作之嘉義及裡作之彰化、嘉義爲極顯著。品系差異未達顯著的包括春作之苗栗、嘉義、花蓮及秋作之苗栗。氮肥及品系之交感效應僅在春作之嘉義，秋作之嘉義、花蓮，及裡作之嘉義達顯著以上。密度及品系之交感作用在春作之苗栗、嘉義、花蓮，秋作及裡作之嘉義均達顯著或極顯著。而所有期作之所有地點之氮肥x密度x品系交感效應則均未有顯著差異。綜合言之，本試驗之結果，顯示氮肥及密度對鮮草產量之影響隨地點及期作之不同而有差異，且氮肥與密度間之交感效應存在於秋作及裡作之某些地點，不同品系之氮肥與密度效應在不同地點或期作下均一致，但在某些地點之氮肥與品系有交感作用。

表3. 在不同期作及地點下之青割玉米小區鮮草產量（kg/10.5m²）綜合變方分析

Table 3. Combined analysis of variance for fresh weight of whole plant (kg/10.5m²) at different crop seasons and locations.

Source of variation	Degree of freedom	Spring				Fall				Winter		
		Miao-li	Chang-hwa	Chia-yi	Hwa-lien	Miao-li	Chang-hwa	Chia-yi	Hwa-lien	Chang-hwa	Chia-yi	Hwa-lien
Block	3(1)§											
Nitrogen(N)	3(3)	**		**				*		**	**	
Error a	9(3)											
Density(D)	2(2)	**		**	**	**	**	**	**	*	**	
NxD	6(6)					*		**		**	**	
Error b	24(8)											
Hybrid(H)	1(1)		**				*	**	**	**	**	**
NxH	3(3)			**				**	*		**	
DxH	2(2)	*		**	**			*			**	
NxDxH	6(6)											
Error c	36(12)											

*，**分別達5%及1%之顯著水準。

*，**Signifcant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

§括號內之自由度爲花蓮瑞穗秋作及裡作之自由度。

§Degrees of freedom for fall and winter crops of Hwalien are presented in parenthesis.

氮素爲構成植物蛋白質與葉綠素成份之一，與各項生理活性均有密切關係，而作物乾物質的生產爲生理作用之綜合表現，因此氮素供應適當與否與之有密切關係，Robinson and Murphy (1972)

指出氮素用量對玉米鮮草產量有顯著的促進作用。本試驗之結果顯示在某些地點亦有差異，而有些地點小區鮮草產量未有顯著差異存在，推測可能係受地力因子之影響（Lian，1986）。品系與氮肥有交感作用，顯示玉米鮮草產量對氮肥用量的反應會因品系而異，此與Remison and Fajemisin（1976）、Balko and Russell（1980）指出基因型與氮肥用量有交感作用之結論相符。而品系與密度之交感作用在某些地區也存在，顯示不同品系對於栽培密度的變化並無相當一致的趨勢，各品系欲獲致最高鮮草產量或各需要其特殊之栽培密度配合（Rutger and Crowder，1967）。

進一步由氮肥、密度及品系間之平均值進行比較(表4)：在不同氮肥用量下，鮮草產量在春作之苗栗、秋作之嘉義及裡作之彰化，均以N_4較其他氮肥等級略高；春作之彰化及裡作之花蓮各等級並不顯著外；其餘期作或地點概以N_3最高，N_1最低（春作及裡作之嘉義除外）。氮肥處理沒有明顯差異存在之期作或區域，或因地力之影響所致（Lian, 1986）。施用氮肥的確可提高鮮草產量，持續增加施氮肥超過某一程度時，其產量不但不再增加，反而有下降趨勢，由總平均比較，發現氮肥以N_3=250kg N/ha及N_2=200kg N/ha表現較佳，此與Wang *et al.*（1986）及Carlone and Russell（1987）之結果相類似。密度處理中，除春作之嘉義、裡作之彰化及花蓮外，其餘期作及地區均以D_1之鮮草產量最高；春作之嘉義及裡作之彰化分別以D_2及D_3爲最高產量；而裡作之花蓮，其三個密度等級間並無顯著差異。平均而言，密度處理之鮮草產量以70×15cm＞70×20cm＞70×25cm，此密度範圍之產量趨勢與Bryant（1968）指出青割玉米產量隨密度之增加而升高之結果頗吻合。比較品系間平均鮮草產量，在春作之彰化，秋作之彰化及嘉義，裡作之彰化、嘉義及花蓮均以H_1顯著高於H_2，唯在秋作花蓮，係爲H_2顯著高於H_1。

表4. 不同期作及地區下各級氮肥用量、栽培密度及品種之小區鮮草產量（kg/10.5m²）。

Table 4. Influence of nitrogen, planting density and hybrid on the fresh weight of whole plant (kg/10.5m²) at different crop seasons and locations.

Treatment	Spring				Fall				Winter			Mean
	Miao-li	Chang-hwa	Chia-yi	Hwal-ien	Miao-li	Chang-hwa	Chia-yi	Hwal-ien	Chang-hwa	Chia-yi	Hwal-ien	
N_1	41.85	35.62	73.66	55.78	30.36	31.91	84.51	19.05	30.12	95.97	27.40	47.84
N_2	44.42	37.95	85.02	56.33	31.58	33.37	91.28	20.35	32.91	97.44	29.10	50.89
N_3	45.06	37.45	89.64	63.76	33.15	35.29	91.64	19.45	34.04	99.61	29.74	52.57
N_4	47.25	37.91	66.37	60.65	30.80	32.87	92.55	19.54	40.75	82.34	30.14	49.19
LSD(5%)	1.67	4.27	11.74	6.26	2.01	2.41	5.66	4.66	3.52	2.75	2.84	
D_1	46.72	40.28	82.41	65.70	33.30	37.18	107.69	21.52	34.53	107.94	29.67	55.18
D_2	46.54	36.37	85.22	58.62	31.26	33.46	90.75	20.21	31.96	88.22	30.72	50.30
D_3	40.67	35.06	68.39	52.69	29.86	29.43	71.54	17.05	36.87	85.35	26.90	44.89
LSD(5%)	2.09	3.09	8.41	4.32	1.90	3.06	5.56	2.33	3.03	2.67	5.46	
H_1	44.10	39.60	76.97	59.08	32.11	34.04	92.89	17.43	35.97	99.61	30.61	51.09
H_2	45.18	34.87	80.38	58.06	30.83	32.68	87.10	21.46	32.93	88.06	27.98	49.16
LSD(5%)	1.94	2.16	4.40	3.04	1.67	1.05	3.03	0.92	1.04	2.03	1.60	

本研究使用兩個青割玉米品系在四個地區分別進行三個期作之試驗，期作、地區間理應作更詳盡的比較，只可惜因部份地區或期作之資料不全，故僅能就各地區在不同期作下之氮肥用量及栽培密度

組合，依鮮草產量高低作一順序排列，以爲參考。將鮮草產量排名前四位之組合作一比較（表5，6），發現 H7 及 Si4 於裡作之彰化、春秋裡作之嘉義及春作之花蓮，其前四名之間有顯著差異外，其餘環境下前四名之間皆無顯著差異存在。綜合而言，除品系H7於春作之苗栗及裡作之彰化外，栽培青割玉米H7或Si4，欲得到最高之鮮草產量，概以公頃氮肥用量200～250kg及栽培密度70×15cm之組合較爲適當。

表5. H7 品系在各環境下排名前四位之氮肥與密度組合

Table 5. Top four combinations of nitrogen and planting density for H7 at different locations and crop seasons.

Location	Crop season	1	2	3	4
Miaoli	Spring	D_2N_4a	D_1N_4a	D_2N_2a	D_2N_3a
	Fall	D_1N_3a	D_1N_1a	D_2N_2a	D_1N_2a
Changhwa	Spring	D_1N_3a	D_1N_2a	D_1N_4a	D_1N_1a
	Fall	D_1N_2a	D_1N_3a	D_1N_4a	D_1N_1a
	Winter	D_3N_4a	D_1N_4b	D_1N_3b	D_1N_2b
Chiayi	Spring	D_2N_1a	D_1N_2a	D_3N_3ab	D_1N_3b
	Fall	D_1N_2a	D_1N_3b	D_2N_1bc	D_1N_4c
	Winter	D_1N_3a	D_1N_1b	D_3N_3c	D_1N_2c
Hwalien	Spring	D_1N_3a	D_1N_2a	D_1N_4ab	D_1N_1b
	Fall	D_1N_4a	D_1N_3a	D_1N_2a	D_2N_2a
	Winter	D_2N_2a	D_2N_1a	D_3N_3a	D_1N_2a

§在同一橫行內英文字母（a，b，c）相同者，爲未達LSD（5%）顯著差異者。

§Combinations with the same letter within each row are not significantly different at LSD (5%)

表6. Si4 品系在各環境下排名前四位之氮肥與密度組合

Table 6. Top four combinations of nitrogen and density for Si4 at different locations and crop seasons.

Location	Crop season	1	2	3	4
Miaoli	Spring	D_1N_2a	D_1N_3a	D_1N_4a	D_3N_4a
	Fall	D_1N_3a	D_3N_2a	D_1N_2a	D_2N_2a
Changhwa	Spring	D_1N_4a	D_1N_3a	D_2N_4a	D_1N_2a
	Fall	D_1N_3a	D_1N_2a	D_1N_4a	D_2N_3a
	Winter	D_3N_4a	D_1N_3a	D_3N_2b	D_2N_3b
Chiayi	Spring	D_2N_3a	D_2N_2a	D_1N_3a	D_1N_1b
	Fall	D_1N_3a	D_2N_4ab	D_1N_1b	D_2N_1b
	Winter	D_1N_3a	D_1N_2b	D_2N_2c	D_2N_1c
Hwalien	Spring	D_1N_3a	D_1N_4ab	D_2N_2b	D_3N_3b
	Fall	D_1N_3a	D_1N_1a	D_2N_2a	D_1N_2a
	Winter	D_1N_3a	D_1N_4a	D_2N_4a	D_2N_3a

§在同一橫行內英文字母相同者，爲未達LSD（5%）顯著差異者。

§Combinations with the same letter within each row are not significantly different at LSD (5%).

參考文獻

1. 王強生、曹紹徽、劉大江。1987。栽培密度對玉米乾物質累積之影響。中華農業研究36：15-28。
2. 王強生、王碧玉、劉大江。1988。玉米對溫度與光週期之生長反應。中華農業研究37：379-388。
3. 陳建成。1989。栽培密度與氮肥用量對玉米吐絲後乾物質及氮素累積性狀的影響。國立中興大學農藝研究所碩士論文。
4. 許福星、洪國源、李國貞、徐阿里。1987。青割玉米不同成熟期青割產量及營養成份之變化。中華農學會報新139：44-55。
5. 謝光照、盧煌勝、劉孔生、何千里、呂宗佳。1989。 期作對青割玉米生長與收穫適期之影響。中華農業研究38：291-305。
6. Balko, L. G., and W. A. Russell. 1980 Response of maize inbred lines to N fertilizer. Agron. J. 72:723－728.
7. Brown, D. M. 1986. Corn yield response to irrigation, plant population and nitrogen in a cool, humid climate. Can. J. Plant Sci. 66 : 453－464.
8. Bryant, H. T., and R. E. Blaser. 1968. Plant constituent of an early and a late corn hybrids as affected by row spacing and plant population. Agron. J. 60 : 557－559.
9. Carlone, M. R., and W. A. Russell. 1987. Response to plant densities and nitrogen levels for four maize cultivars from different eras of breeding. Crop Sci. 27 : 465－470.
10. Chevalier, P., and L. E. Schrader. 1977. Genotypic difference in nitrate absorption and partitioning of N among plant parts. Crop Sci. 17 : 987－991.
11. Csermely, J., and J. Maykuth. 1981. Whole－plant maize silage. Herb. Abstr. 51 : ＃ 1690.
12. Cummins, D. G., and J. W. Dobson, Jr. 1937. Corn for silage as influenced by hybrid maturity, row spacing, plant population and climate. Agron. J. 65 : 240－243.
13. Hunter, R. B. 1986. Selecting hybrids for silage maize production : a Canadian experience. *In* : Breeding of Silage Maize. (O. Dolstra and P. Miedema, eds.). Pudoc, Wageningen.
14. Japan pioneer Hybrid Co. Ltd. 1986. Handbook for field experiment. The Company, Tokyo.
15. Keiser, H. V. 1981. When should silage maize harvested? Herb. Abstr. 51 ＃ 1689.
16. Lian, S. 1986. Characteristics of corn production in the drained paddies and their fertility managements in Taiwan. Soils and Fertilizers in Taiwan 1986 : 65－92.
17. Phipps, R. H., R. F. Weller, and R. J. Fulford. 1979. The development of plant components and their effect on the composition of fresh and ensiled forage maize. 3. The effect of grain content on milk production. J. Agric. Sci. Camb. 92 : 493－498.
18. Remison, S. U., and J. M. Fajemisin. 1979. Comparative growth of maize cultivars with different leaf orientation. J. Agric. Sci. Camb. 99 : 61－66.
19. Remison, S.U., and E. O. Lucas. 1982. Effects of planting density on leaf area and productivity of two maize cultivars in Nigeria. Expl. Agric. 18 : 93－100.
20. Robinson, D. L., and L. S. Murphy. 1972. Infuence of nitrogen, phosphorus, and plant population on yield and quality of forage corn. Agron. J. 64 : 349－351.
21. Rutger, J. N., and L. V.Crowder. 1967. Effect of population and row width on corn silage yields. Agron. J. 59 : 475－476.
22. Thomson, A. J., and H. H. Rogers. 1986. Yield and quality components in maize grown for silage. J. Agric. Sci. Camb. 71 : 393－403.
23. Wang, C. S., S. H. Tsao, and D. J. Liu. 1986. Effects of N fertilization on the growth and yield of two maize hybrids. J. Agri. Res. China 35 : 437－448.

Effects of N-fertilizer and Planting Density on the Yield of Forage Maize[1]

G. J. Shieh[2], H. S. Lu[2] , C. L. Ho[2], W. H. Lin[3], J. L. Yang[4], C. K. Chen[5] , S. S. Cheng[6] ,W. H. Chien[6]

Summary

Two forage maize hybrids, H7 and Si4, were grown at Miaoli, Changhwa, Chiayi and Hwalien in spring, fall and winter crops to study the effects of N-fertilizer and plant density effects on the forage yield and several agronomic traits. No N-fertilizer and plant density effects on days to tasseling, plant height, total digestible nutrient percentage (TDN) and leaf diseases were found. Response to N-fertilizer and planting density effects varied among crop seasons and locations.

The highest forage yield was obtained for N-fertilizer treatment of 250 kg N /ha and for planting density treatment of 70×15cm. Forage yield of H7 was slightly higher than that of Si4. However , the optimum combination of N-fertilizer of 200−250 kg/ha and spacing of 70×15cm would give the highest forage yield.

1. Contribution, No. 1603 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, assistant agronomist, senior agronomist and assistant agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan, ROC.
3. Agronomist, Taoyuan DAIS.
4. Research assistant, Taichung DAIS.
5. Research assistant, Tainan DAIS.
6. Research assistant and senior agronomist, Hwalien DAIS.

Jour. Agric. Res. China (中華農業研究) 41(1):9~23 (1992)

Allelopathic Potential of Purple Nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) and Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.) on Corn (*Zea mays* L. cv. Tainung No.1). II. Weed residue Effects on Corn Emergence and Seedling Growth[1]

Fu-Chou Chang[2] and Chwen-Ming Yang*

Abstract: Field-grown mature plant residues (debris) of purple nutsedge and barnyardgrass were incorporated into the soil to determine their allelopathic potential on the emergence and seedling growth of corn. Influence of temperature on the magnitude of weed residue effects was also investigated. It was found that soils incorporated with weed residues reduced both the cumulative and the maximal emergence rates of corn at 20 and 25°C but not at 33°C of purple nutsedge treatment. Plant height of corn was enhanced by the increasing temperatures but was retarded in the weed residue-incorporated soils. After one week from planting, high temperature increased plant growth, and hence the total plant and root weights. Effects of weed residue on plant weight, as on plant height, depended on residue percentage in the soil in both weeds-a descending trend with the increasing amount of weed rseidues, while a reverse fashion was found on root weight. It was further confirmed from the results of root/shoot weight ratio (r/s ratio) that shoot growth was more stimulated than root growth by higher temperatures. The r/s ratio was increased when the amount of weed residues in the soil was raised. The results suggested that the best strategy to reduce the effects of residues of purple nutsedge and barnyardgrass on corn emergence and seedling growth was to apply the weed control practices before planting.

Key words: allelopathic potential, purple nutsedge, barnyardgrass, corn, weed residue effect, temperature, emergence, seedling growth

Introduction

In the earlier report of this series of studies, extracts of field-grown mature plants of purple nutsedge and barnyardgrass were shown to inhibit germination of corn seeds (Yang, 1991). Whether plant residues of these weed species incorporated into the soil affect

1. Contribution No. 1604 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI).

2. Research assistant and agronomist, Departmernt of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung 41301, Taiwan (ROC).

* Corresponding author.

corn emergence and its early growth yet to be known, which would present the strongest evidence for the allelopathic potential of these weeds on corn. Knowledge of such weed interference on crop emergence and growth is also required for developing effective weed management programs. Friedman and Horowitz (1971), Horowitz and Friedman (1971) and Singh et al. (1970) found that purple nutsedge tubers produced phytotoxic substances inhibiting the growth of other plants in the neighboring areas. Elmore (1985) also pointed out that radish was affected by live, growing purple nutsedge. In a field study, Bhowmik and Reddy (1988) found that barnyardgrass reduced marketable fruit number and fruit weight of tomato. Additionally, barnyardgrass was found as a prevalent weed in some row and forage crops (Dawson, 1963). Many weed species such as palmer amaranth (*Amaranthus palmeri* S. wats.), broadleaf signalgrass (*Brachiaria platyphylla* Griseb. Nash), fall panicum (*Panicum dichotomiflorum* Michx.), crimson clover (*Trifolium incarnatum* L.) and quackgrass (*Agropyron repens* (L.) Beauv.) were found to exhibit the allelopathic effects on crops growth (Johnson III and Coble, 1986 ; Menges, 1987, 1988 ; Weston and Putnam, 1986 ; White *et al.*, 1989).

The purpose of this research was to investigate the effects of plant residuse of purple nutsedge and barnyardgrass on corn emergence and seedling growth. The influences of temperature and rseidue percentage in the soil were also evaluated.

Materials and Methods

Field-grown mature plants of purple nutsedge and barnyardgrass were collected from the experimental plot at Taiwan Agricultural Research Institute (TARI, 24°02′ N, 120°40′ S, elevation 85 m) and were oven dried at 80°C for 96 h and chopped. The soil, contained 50.8% silt, 31.3% sand, and 17.9% clay and a pH of 5.2, was a silt loam sampled from TARI, the site of which had no herbicide application or crops growth for 12 months. Soil was oven dried at 120°C for 48 h and screened to pass a 2-mm sieve.

Certified commercial corn seeds were obtained from Taiwan Seed Service (Ta-nan village, Shinshieh, Taichung, Taiwan, ROC) and were sterilized by soaking in a 5% (v/v) sodium hypochlorite solution for 3 min to reduce fungal infection. The sterilized seeds were then rinsed with double distilled water for 1 min three times and allowed to air-dry before planting.

Oven-dried and chopped weed debris was incorporated into the soil at rates of 0, 1.75, 2.5 and 5% on w/w basis, respectively. The plastic containers used were 45 cm×35 cm×13 cm (L×W×D). Fifteen seeds of corn were planted with evenly spaced into the soil with a planting depth of 2 cm. The containers were placed in the growth chambers with circulated ambient air, an average photosynthetic photon flux density (PPFD) of 500 μ mole $m^{-2}s^{-1}$ and photoperiod of 12 h at constant temperature of 20, 25, and 33°C, separately, and were watered daily to moisten the soil. The emerged seedling number, plant height, and plant weight (oven dried at 80°C for 72 h) were recorded, and the root/shoot weight ratio was calculated from the dry weights of root and shoot (leaf plus stem). Treatments were replicated 4 times using a randomize complete block and the standard errors of the means were computed.

Results

Cumulative emergence rates of corn seeds planted in the soils incorporated with mature plant residues (debris) of purple nutsedge and barnyardgrass under different temperatures were shown in Figs. 1 and 2, respectively. As indicated the seedling emergence was stimulated by higher temperatures in all cases, while the residues modifies its performance. It took about 6 days for 20°C and 25°C treatments to reach the climax of emergence but about 3 days for 33°C treatment. Soils incorporated with weed residues reduced both the calculated cumulative and the maximal emergence rates at 20 and 25°C but not at 33°C of purple nutsedge treatment.

Changes of plant height of corn after planting were illustrated in Figs. 3 and 4. It showed that plant height of corn was enhanced by the increasing temperatures and was also retarded in the weed residue-incorporated soils. Reduction of plant height of corn depended on the amount of weed residues in the soil. To further delineate temperature and weed residue effects, plant heights measured at 1, 2 and 3 weeks after planting were graphed in Figs. 5, 6 and 7, respectively. It appeared that temperature effect on plant height was significant, especially at 33°C.

Alterations of plant and root dry weights of corn after planting were plotted in Figs. 8 and 9 and the results of root/shoot (leaf + stem) weight ratio were listed in Table 1. In general, high temperature increased plant growth, and hence the total plant weight and root weight, but not in the first week after planting (Figs. 8 and 9). Effects of weed residue on plant weight were varied. In both weed species, higher residue percentages in the soil reduced the total plant dry weight from 1 to 3 weeks after planting. On the other hand, root dry weight was increased by weed residues treatment. Higher percentages of residues were found to stimulate root growth of corn. The root/shoot weight ratio was increased when the amount of weed residues in the soil was raised, whereas high temperature resulted in decreasing of the ratio (Table 1).

Discussion

Purple nutsedge and barnyardgrass inhibit crop growth and yield in the field (Bhowmik and Reddy, 1988 ; Elmore, 1985 ; Keeley, 1987 ; Kondap *et al.*, 1982 ; *Meissner et al.*, 1977, 1982 ; *Stauber et al.*, 1991). None of them, however, demonstrated these weeds' effect on corn emergence and seedling growth, which is one of the important evidence support the existence of allelopathic interference of these weeds on corn.

In this research, results indicated that soils incorporated with plant residues (debris) of purple nutsedge and barnyardgrass affect corn emergence rate. At 33°C, corn seeds emerged from purple nutsedge-incorporated soil reached nearly 100% but not in barnyardgrass-treated soil. Toxic substances released from the residues of both weeds inhibit corn emergence, as well as germination (Yang, 1991), and temperature above 20°C help to compensate the inhibition effect caused by weed residues. At temperature of 33°C, it may surpass weed residue effect in purple nutsedge-incorporated soil.

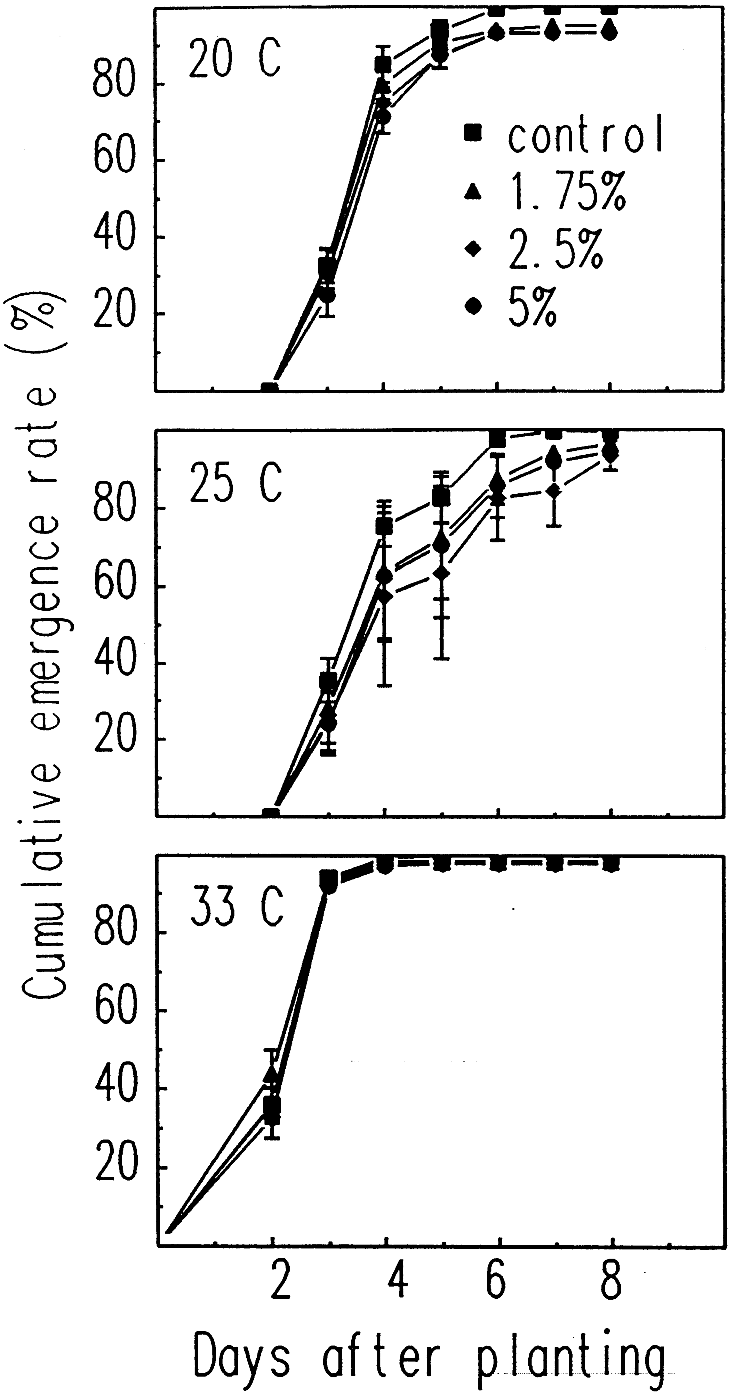


Fig. 1. The cumulative emergence rate of corn treated with field-grown mature plant residues of purple nutsedge under different temperatures. Standard errors of the means are included.

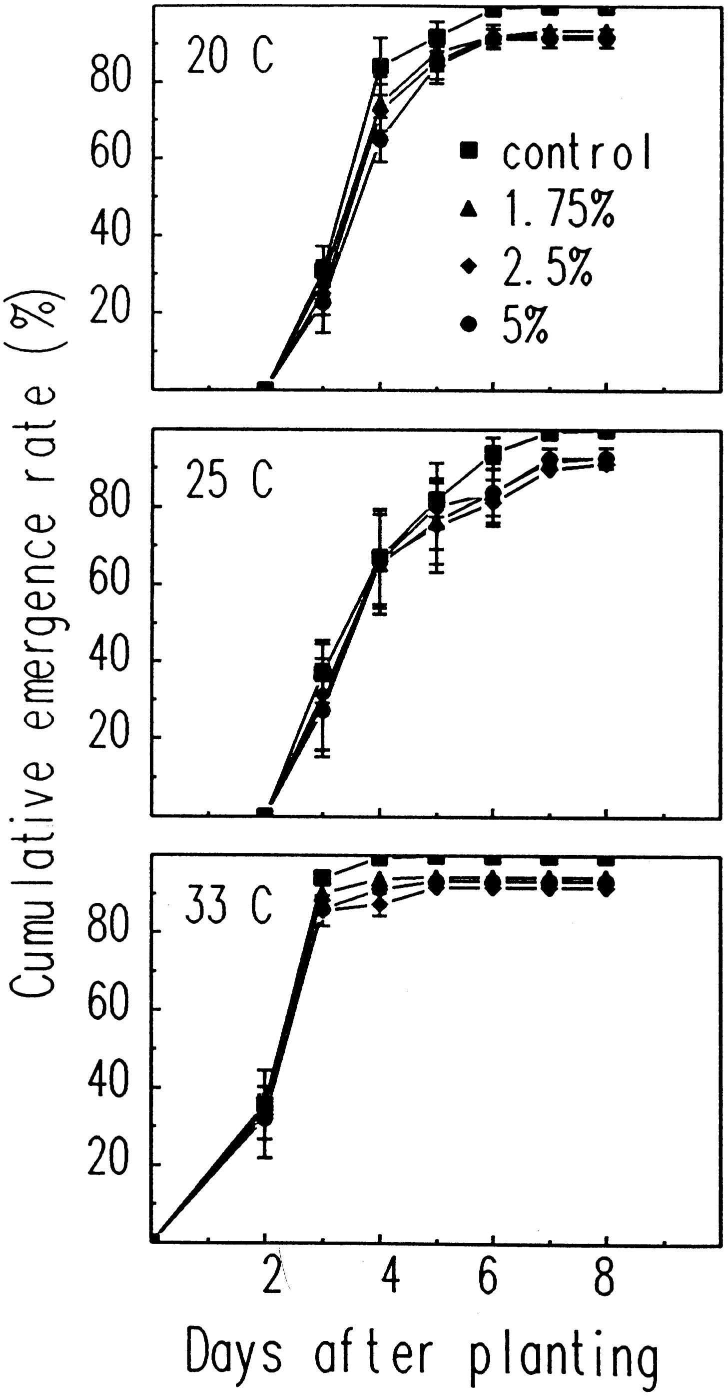


Fig. 2. The cumulative emergence rate of corn treated with field-grown mature plant residues of barnyardgrass under different temperatures. Standard errors of the means are included.

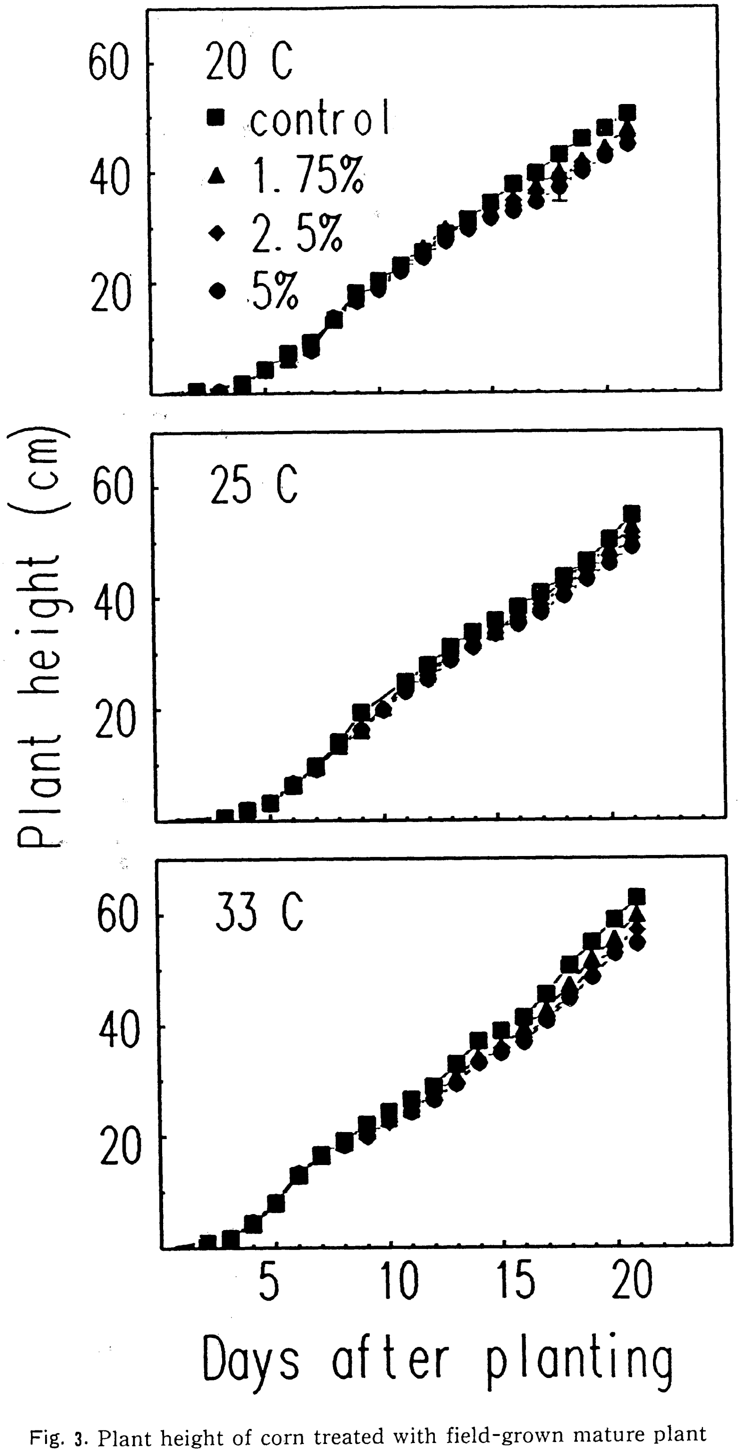


Fig. 3. Plant height of corn treated with field-grown mature plant residues of purple nutsedge under different temperatures.

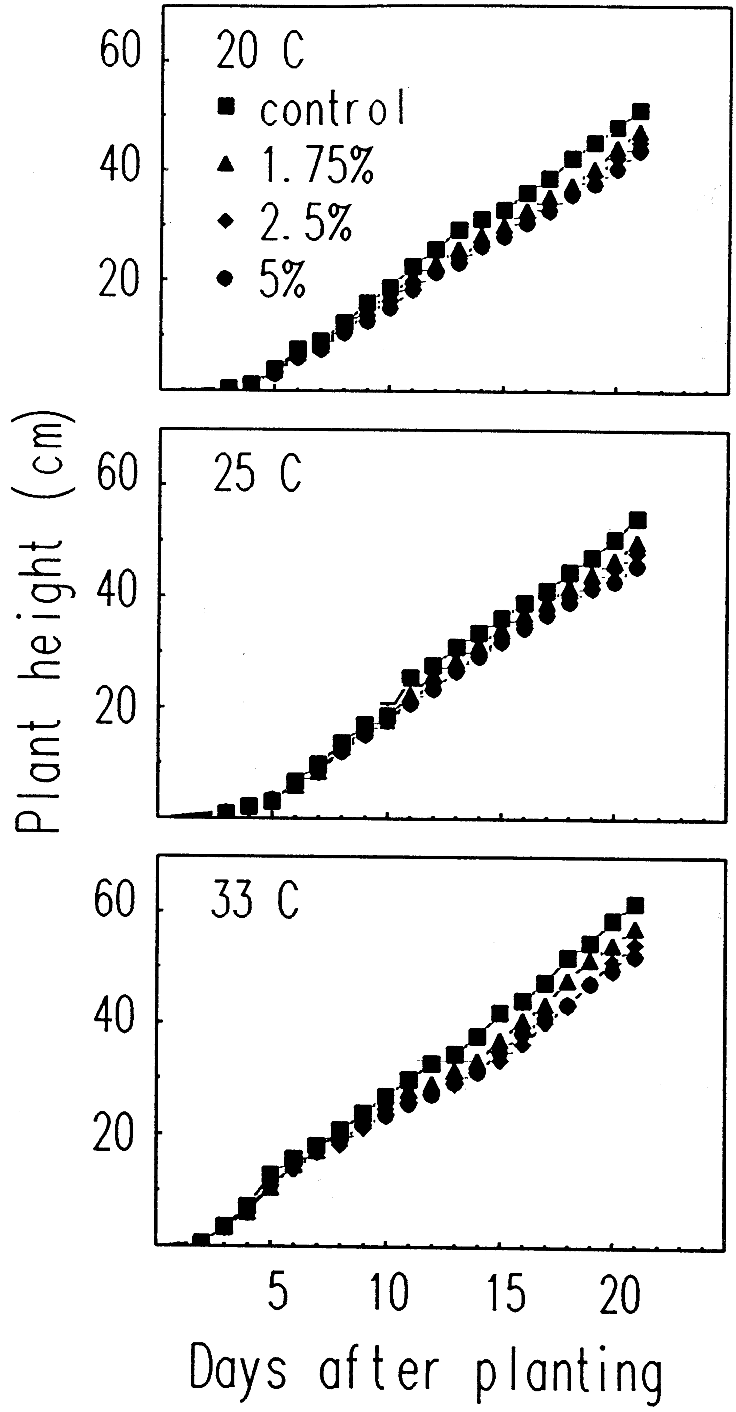


Fig. 4. Plant height of corn treated with field-grown mature plant residues of barnyardgrass under different temperatures.

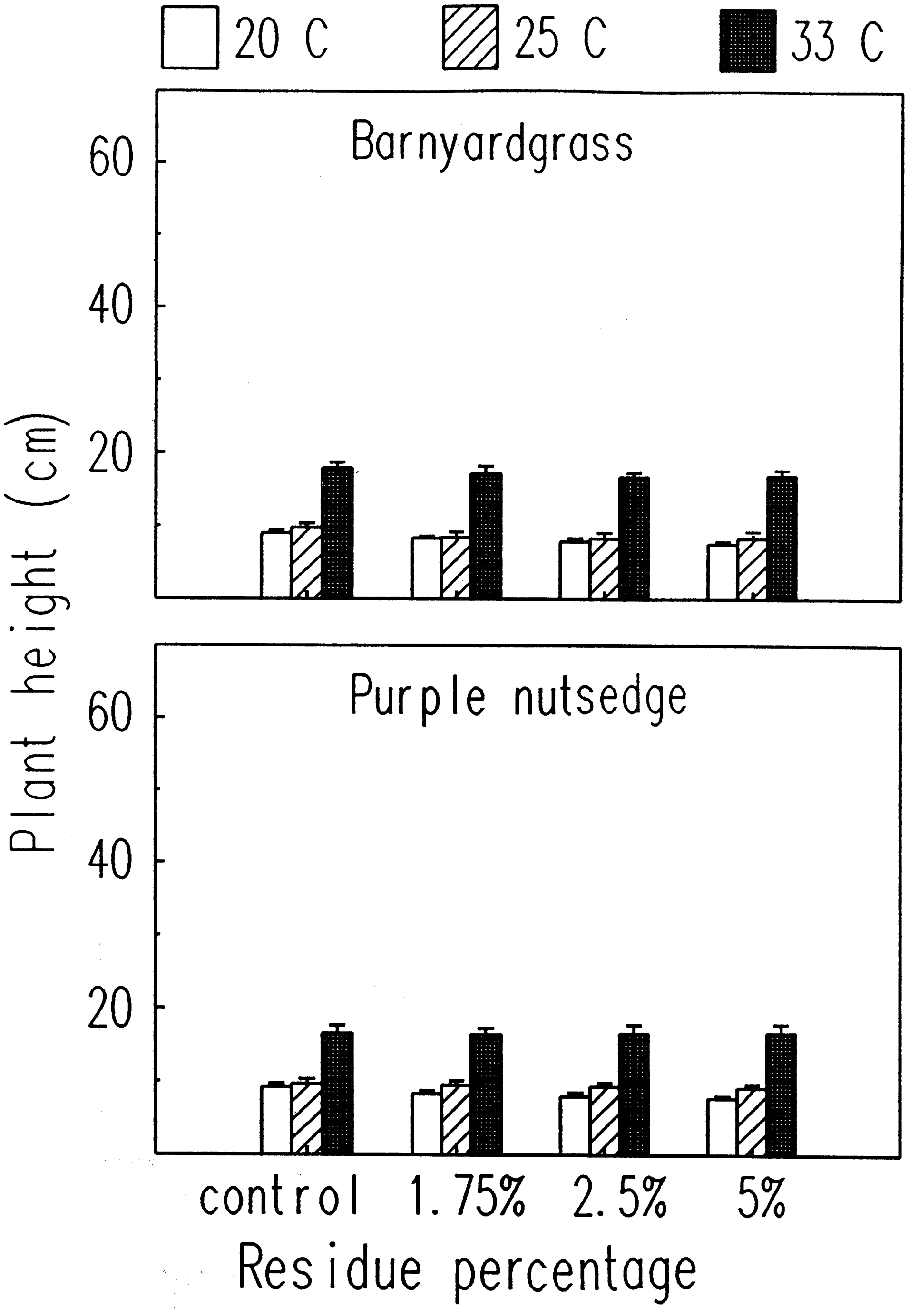


Fig. 5. Plant height of corn (1 wk after planting) treated with weed rseidues under different temperatures.

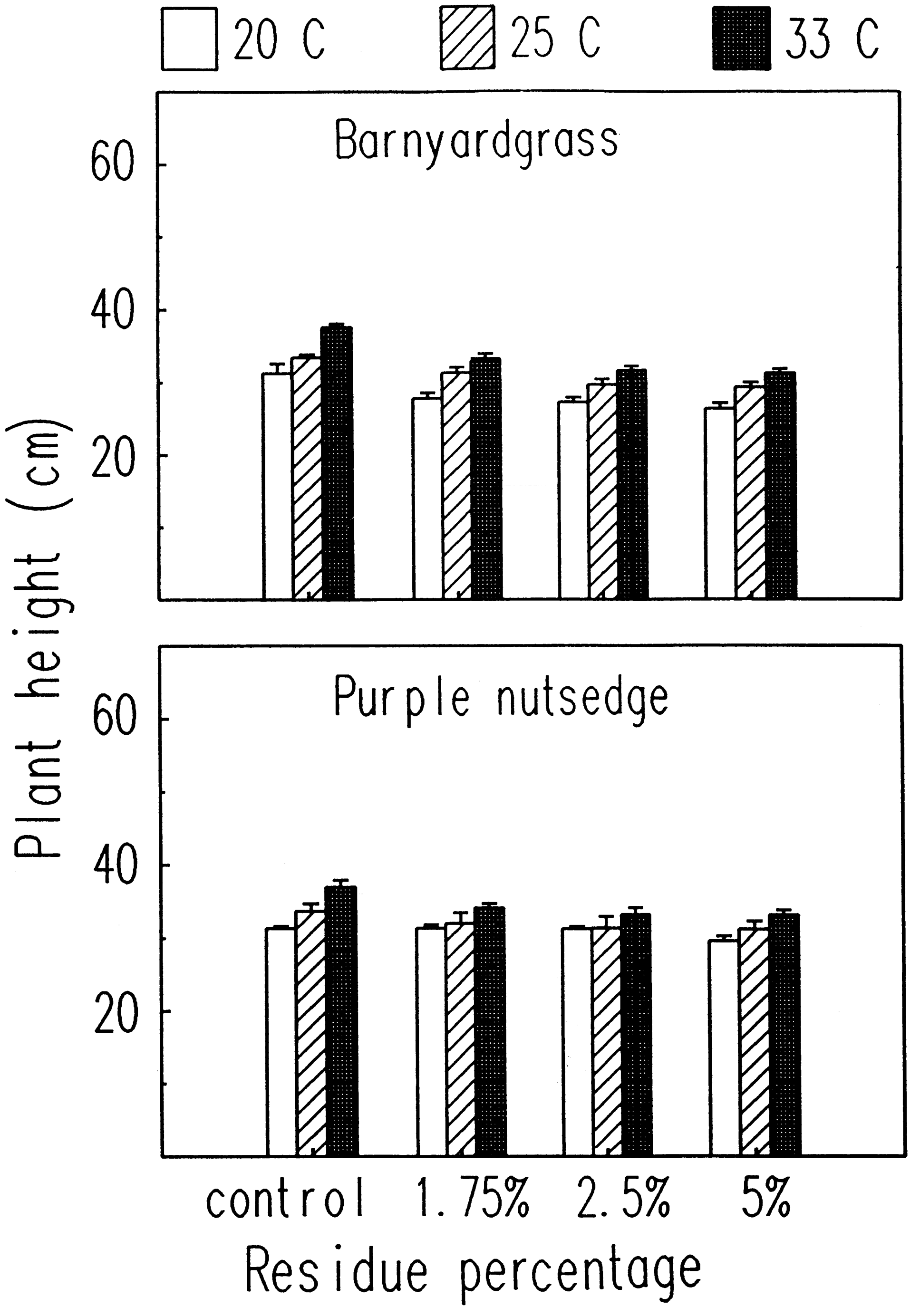


Fig. 6. Plant height of corn (2 wk after planting) treated with weed residues under different temperatures.

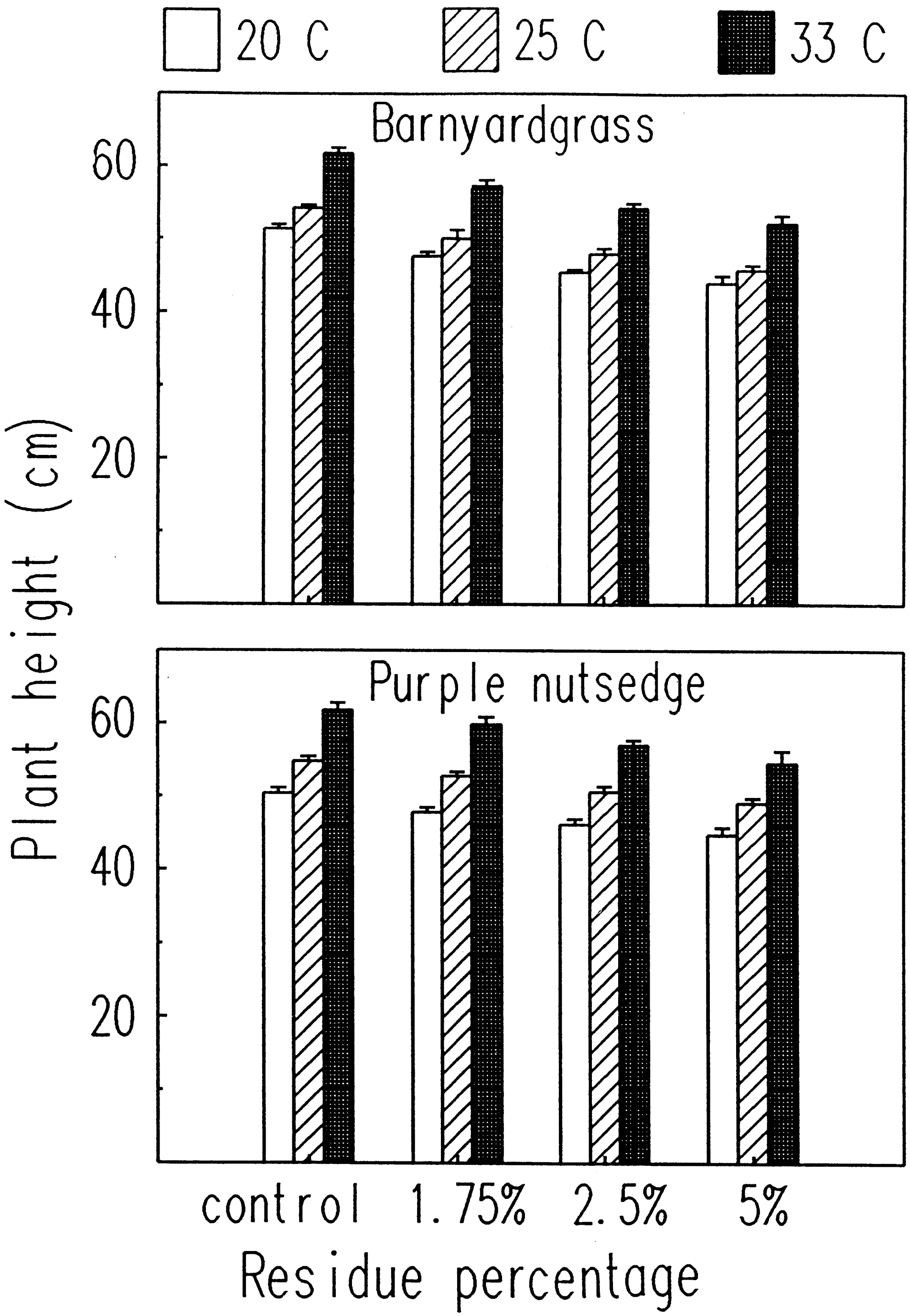


Fig. 7. Plant height of corn (3 wk after planting) treated with weed residues under different temperatures.

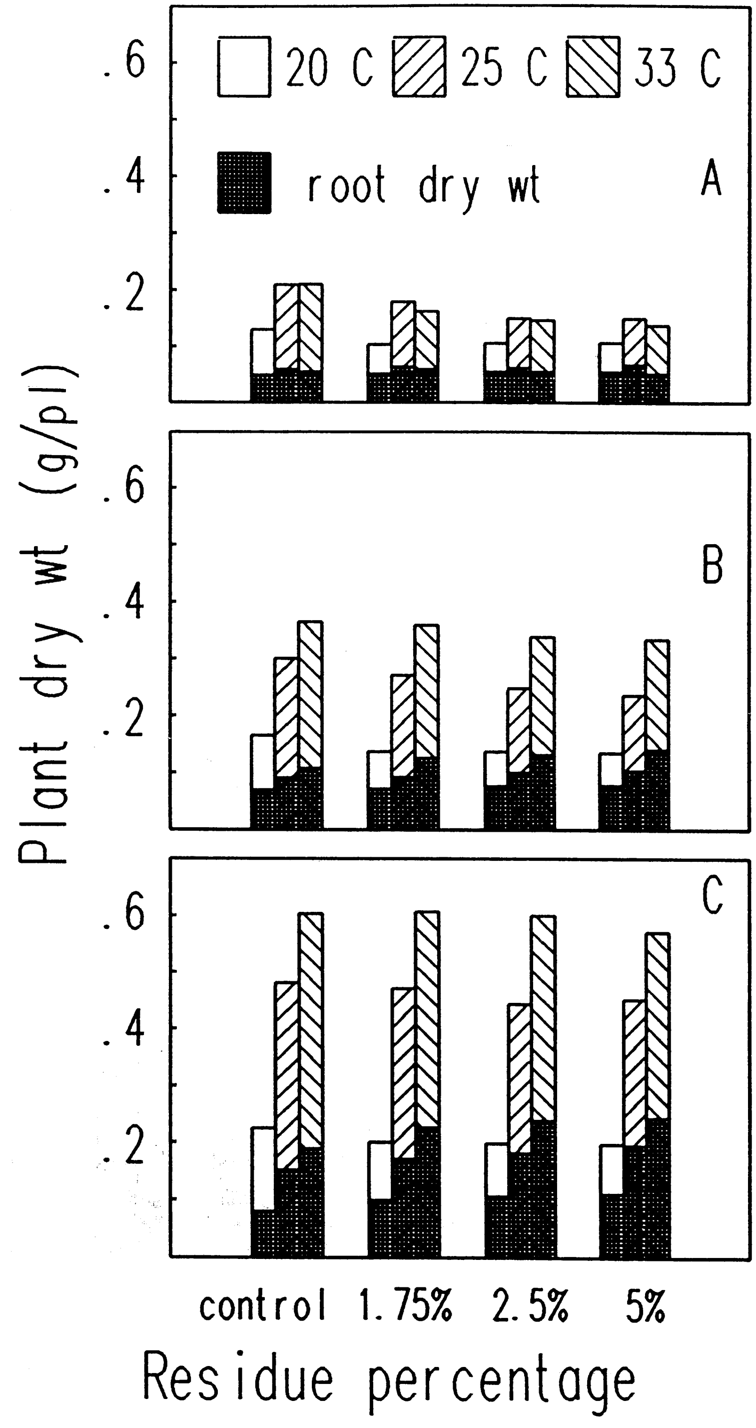


Fig. 8. Total plant and root dry weights of corn at 1(A),2(B) and 3(C) wks after planting as treated with plant residues of purple nutsedge under different temperatures.

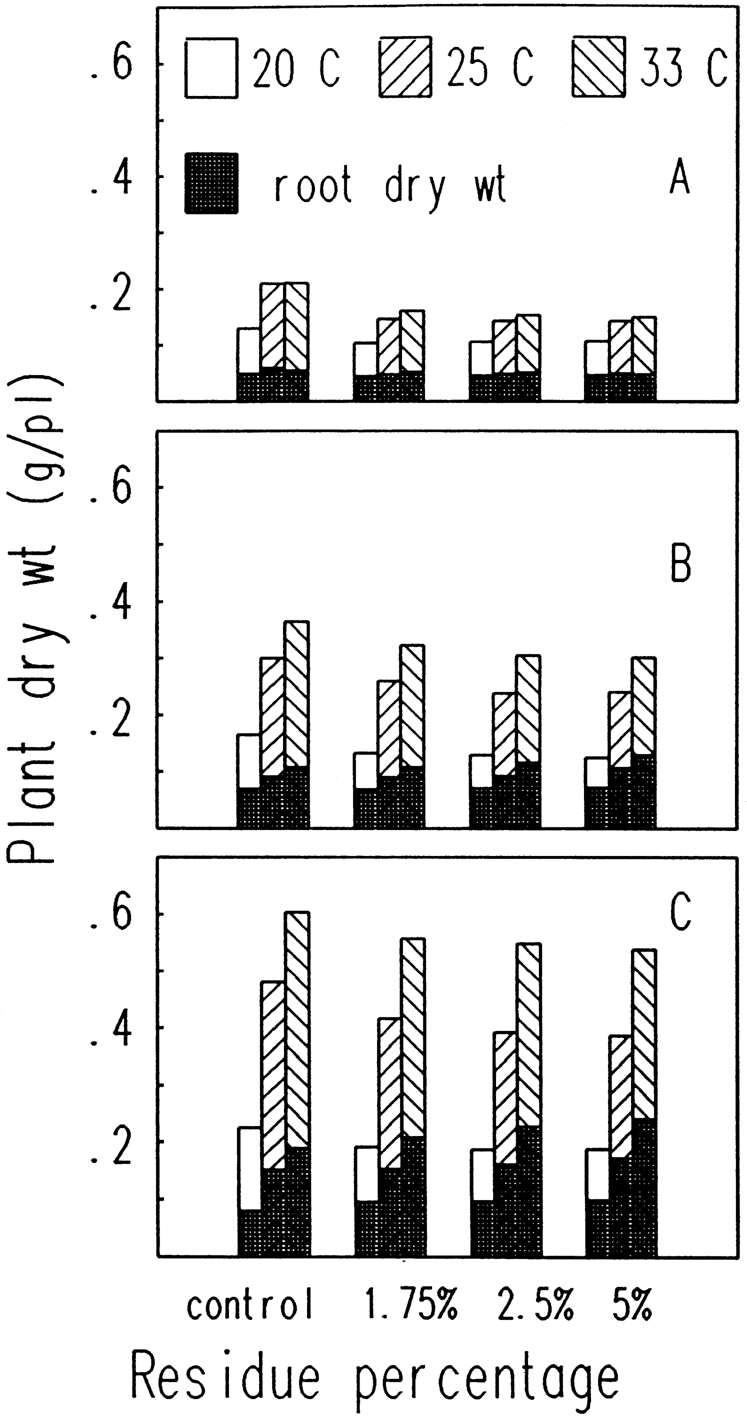


Fig. 9. Total plant and root dry weights of corn at 1 (A), 2 (B) and 3 (C) wks after planting as treated with plant residues of barnyardgrass under different temperatures.

Table 1. The root/shoot weight ratio of corn at 1, 2 and 3 weeks after planting as affected by temperature and weed residues.

Week	Temperature	Residue percentage			
		control (0)	1.75%	2.5%	5%
Purple nutsedge					
1 wk	20C	0.605	1.017	1.064	1.101
	25C	0.388	0.545	0.691	0.802
	33C	0.348	0.569	0.594	0.610
2 wk	20C	0.717	1.072	1.220	1.360
	25C	0.436	0.515	0.672	0.778
	33C	0.423	0.536	0.633	0.725
3 wk	20C	0.552	0.978	1.143	1.261
	25C	0.464	0.575	0.692	0.769
	33C	0.458	0.598	0.662	0.747
Barnyardgrass					
1 wk	20C		0.911	0.996	0.958
	25C		0.493	0.527	0.543
	33C		0.478	0.496	0.476
2 wk	20C		1.074	1.185	1.346
	25C		0.525	0.632	0.786
	33C		0.502	0.612	0.754
3 wk	20C		0.998	1.088	1.127
	25C		0.586	0.698	0.807
	33C		0.599	0.709	0.814

Weed residue effects on seedling growth of corn were evaluated by the increments of plant height and plant weight. In the time period of 3 weeks after planting, the advance of plant height was impaired by weed residues incorporated into the soils. A descending trend was shown in the increase of residue percentages one week after planting, though high temperature exerted a reverse effect. Barnyardgrass showed a stronger inhibition effect than purple nutsedge. Total plant weight was also showing suppressive fashion by increasing weed residues under all temperature treatments. Since root dry weight was increased, it is clearly that shoot growth was restrained by residues. Thus, the root/shoot weight ratio was increased when the amount of weed residues in the soil was raised. In contrast, from the results of root/shoot weight ratio, it was further confirmed that shoot growth was more stimulated than root growth by high temperature. Again, both root and plant weights were inhibited more in barnyardgrass treated soils than in purple nutsedge ones.

In their residual effect experiments, Meissner *et al.* (1982) reported that growth of barley and grain sorghum and other vegetable crops were impaired when grown in soil previously heavily infested with purple nutsedge. Both root and shoot growth were reduced. In other study (Bhowmik and Reddy, 1988), tomato shoot dry weight, fruit number and fruit weight were decreased in the field infested with barnyardgrass. Barnyardgrass interference also reduced rice yield and plant dry weight (Stauber *et al.*, 1991).

As a result, corn emergence and seedling growth was manipulated by the amount of test

weed residues incorporated into the soil under the influence of temperature. It is therefore suggested that the best strategy to reduce the effects of plant residues of purple nutsedge and barnyardgrass was to apply the weed control practices before planting. Season-long influence of these two weeds to the yield of corn plants, however, need to be further studied.

Acknowledgements : This work was supported by the Weed Science Society of the Republic of China and the Department of Agriculture and Forestry, Taiwan Provinicial Government, Taiwan, ROC.

REFERENCES

Bhowmik, P.C. and Reddy, K.N. 1988. Effects of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli)* in growth, yield, and untrient status of transplanted tomato (*Lycopersicon esculentum)*. Weed Sci. 36 : 775—778.

Dawson, J.H. 1963. Effects of EPTC on barnyardgrass seeds. Weeds 11 : 184—186.

Elmore, C.D. 1985. Assessment of the allelopathic effects of weeds on field crops in the humid mid-south. In The chemistry of allelopathy. p. 21—32. A.C. Thompson, ed. Symp. Ser. No. 268. Am. Chem. Soc., Washington, DC.

Friedman, T. and Horowitz, M. 1971. Biologically active substances in subtteranean parts of purple nutsedge. Weed Sci. 19 : 398—401.

Horowitz, M. and Friedman, T. 1971. Biological activity of subterranean residues of *Cynodon dactylon* L., *Sorghum halepense* L., and *Cyperus rotundus* L. Weed Res. 11 : 88—93.

Johnson III, W.C. and Coble, H.D. 1986. Effects of three weed residues on weed and crop growth. Weed Sci. 34 : 403—408.

Keeley, P.E. 1987. Interference and interaction of purple and yellow nutsedges (*Cyperus rotundus* and *C. esculentus)* with crops. Weed Tech. 1 : 74—81.

Kondap, S.M., Ramakrishna, K., Reddy, S.B. and Rao, A.N. 1982. Investigations on the competitive ability of certain crops against purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.). Indian J. Weed Sci. 14 : 124—126.

Meissner, R., Nel, P.C. and Beyers, E.A. 1977. Preliminary studies on growth influencing effects of red nutsedge (*Cyperus rotundus)* on some crop plants. Crop Prod. 6 : 77—80.

Meissner, R., Nel, P.C. and Smit, N.S.H. 1982. The residual effect of *Cyperus rotundus* on certain crop plants. Agroplantae 14 : 47—53.

Menges, R.M. 1987. Allelopathic effects on palmer amaranth (*Amaranthus palmeri)* and other plant residues in soil. Weed Sci. 35 : 339—347.

Menges, R.M. 1988. Allelopathic effects of palmer amaranth (*Amaranthus palmeri* S. Wats. #3 AMAPA) on seedling growth. Weed Sci. 36 : 325—328.

Singh, N., Kulshrestha, V.K., Gupta, M.B. and Bhargava, K.P. 1970. A pharmacological study of *Cyperus rotundus*. Indian J. Med. Res. 58 : 103—109.

Stauber, L. G., Smith,Jr., R.J. and Talbert, R.E. 1991. Density and spatial interference of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) with rice (*Oryza sativa*). Weed Sci. 39 : 163-168.

Weston, L.A. and Putnam, A.R. 1986. Inhibition of legume seedling growth by residues and extracts of quackgrass (*Agrophron repens)*. Weed Sci. 34 : 366—372.

White, R.H., Worshan, A.D. and Blum, U. 1989. Allelopathic potential of legume debris and aqueous extracts. Weed Sci. 37 : 674—679.

Yang, C.-M. 1991. Allelopathic potential of purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) and barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli (*L.) Beauv.) on corn (*Zea mays* L. var. Tainung No. 1). I. Inhibition of weed extracts on germination. Weed Sci. Bull. 12 : 12—21

香附子 (*Cyperus rotundus* L.) 與稗草 (*Echinochloa crus-galli* (*L.*) Beauv.) 殘株對玉米 (*Zea mays* L. cv. Tainung No. 1) 之相剋效應
(二)雜草植株殘留物對玉米幼苗出土率及幼苗生長之影響[1]

張 富 洲[2]　　楊 純 明[2]

摘　　要

本研究旨在探討土壤分別混以香附子與稗草之成熟植株對於玉米（臺農一號）幼苗出土及幼苗生長之相剋效應，並瞭解不同溫度條件（20、25、及33°C）下此兩種雜草植株殘留物之差異影響。結果顯示，除了香附子殘留物處理在33°C狀況下之外，兩種雜草殘留物在設定之溫度範圍內均降低玉米出土率及出土百分比。再者，玉米株高雖隨溫度上升而增加，經與對照組相較仍受到土壤中雜草殘留量之限制。幼苗出土一週後，高溫促進玉米植株乾重及根重之累積，而雜草殘留物效應則開始顯著影響：植株乾重隨雜草殘留量累增而遞減，根重則呈相反趨勢。經進一步分析根／稈（莖＋葉）比值後發現，地上部生長較根部者受高溫度促進，根／稈比值則隨雜草殘留量增加而升高。綜此結果比較，稗草植株殘留物對於玉米幼苗出土及幼苗生長之相剋效應大於香附子者，而降低此兩種雜草殘留物對玉米幼株出土及生長之相剋控制之最佳方法，乃在玉米播種前即實施雜草防除措施以減少土壤中香附子與稗草之植株殘留。

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1604 號。
2. 臺灣省農業試驗所農藝系助理與副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 41(1)：24～33 (1992)

大豆種源之莢長及莢寬之變異性與其相關性狀之研究[1]

詹國達[2] 林順福[3] 魏趨開[3] 黃惠娟[3]

摘要：以1989年春作栽培之種源爲材料，採用分段取樣法，並依莖頂伸育型區分參試樣品爲有限、半有限及無限型，調查莢長、莢寬、及百粒重等性狀，探討其變異、相關及在育種上可能利用之 途徑。結果顯示：

1. 莢長及莢寬之變域，在各型間頗爲相近 ，但莢果面積及百粒重之變域 ，型間有較大差別。
2. 除莢長、莢寬、莢果面積及百粒重等四個性狀的平均值呈有限＞半有限＞無限型外，其它八個性狀如莢數、粒數、子粒產量等均爲無限＞半有限＞有限型。
3. 種源分爲三型或不分型時，其莢長、莢寬或莢果面積與百粒重均呈顯著關係。但分型時在有限型則有莢長及莢果面積與子粒產量呈顯著正相關，此一分型特性，值得評估。

關鍵詞：大豆、種源、莢果特性、百粒重、有限型、半有限型、無限型、性狀相關。

大豆莢果在受粉20天後，莢長與莢寬便達到最大程度[9]，且莢寬在莢果變黃成熟以前均維持不變，故在大豆結莢初期，即有一段相當長的時間可供調查和選拔之用。又因爲大豆莢長及莢寬具有較大之遺傳率，故可供爲間接選拔其他有關產量性狀之指標[6,9,10]。

由於大豆依植株莖頂伸育及莢果著生習性可分爲有限、半有限（或半無限）及無限型三種類型，係受簡單遺傳控制之性狀，在田間區別亦甚容易，過去有關其遺傳及相關性狀之研究甚多[1,2,5,12,14]，故亦爲良好間接選拔其他有關產量性狀之指標。

因爲大豆之莢長、莢寬與植株莖頂伸育及莢果著生習性關係密切，且莢長、莢寬對大豆子粒大小及產量等性狀有重要之影響[11]，因此本試驗擬以大豆種源爲材料，探究莢長、莢寬之變異及其與莖頂伸育特性、粒型、產量等性狀之關係，並討論其相互之關係，做爲育種選拔之參考與利用。

材料與方法

一、試驗材料：

以1989年春作種植之1800個大豆種源爲材料，採用分段取樣法（Subsampling）[3]，先由1800種源中，逢機選出270品種（系），再依 Thseng & Hosokawa[13]，及 Bernard[5] 之植株生長習性分類方法，區分該270種源之伸育性爲有限型（Determinate）149，半有限型（Semi-determinate）97，及無限型（Indeterminate）24品種（系），各型之部份品種名稱如表1.

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1605 號。本研究承行政院農業委員會補助試驗經費，謹此誌謝。
2. 本所農藝系助理研究員[2]、助理[3]。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

表1. 供試種源之部份品種（系）名稱

Table 1. Part of the cultivars or lines of the soybean germplasms grown in spring of 1989.

Type	Cultivars			
Determinate	Adams	Davis	Kaohsiung No. 8	Taosuihung
	Bragg	Disoy	Peking	PI 54809
	Centennial	Elf	Shih-shih	PI 68600
	Chunghsing No.1	Hampton	Tainung No.4	PI 70566
	Dare	Hill	Tainung No.15	PI 243541
Semi-	Akasaiya-sirodsizu	Will	PI 88810	PI 227327
determinate	Hungpochu	PI 68481	PI 89154	PI 230971
	Palmetto	PI 82296	PI 92643	PI 248406
	Sankuo	PI 86006	PI 153212	PI 291302-c
	Tainan Sel. No. 1	PI 88359	PI 153307	PI 295591
Inderminate	Beeson	Corsoy	Honkong	Manchu
	Bethel	Cutler 71	Illini	SRF 400
	Century	Cumberland	Kaohsiung Sel. No. 10	PI 87575
	Chippewa	Emerald	Kent	PI 92608
	Clark	Harosoy	Lincoln	PI 230970

Remark：PI＝Plant Introduction.

二、試驗及統計分析方法

單行區種植，行長1m，行距 55cm ，每品種（系）條播種子20粒，不間苗。於大豆成熟時（R 8），每種源逢機取樣（行之兩端不取樣）5株。

調查之性狀爲：莢長（mm）：於每一植株中央部位，逢機取一莢果（每種源共5莢）（Bravo 等）[6]，利用測徑器（Caliper,±0.1mm）量取莢果尖端到萼片的長度。莢寬（mm）：量取莢長之同時，量取莢果外殼種子腔胴末端至背縫線的距離。莢果面積（mm^2）：以莢長X莢寬估算之。主莖莢數，分枝莢數，總莢數，種子粒數，子粒產重，百粒重，植株風乾重，株高，分枝數及主莖節數等。

統計方面，進行莢長、莢寬等性狀之計算及頻度分布圖之製作，以簡單相關測驗與莢長、莢寬等呈顯著相關之性狀項目，並以柯氏（Cochran）[8] 加權 t′ 法測驗有關性狀之差異顯著性，其統計公式如下：

$$t' = (x_1 + x_2) / \sqrt{(s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2)}$$

理論值 $t' = (w_1t_1 + w_2t_2) / (w_1 + w_2)$，若實測 t′＞理論 t′，則差異顯著。又上式 $w_1 = s_1^2/n_1$, $w_2 = s_2^2/n_2$；而x_1、x_2；、s_1^2、s_2^2；n_1、n_2；t_1、t_2 分別爲變值之平均、均方、樣品數及自由度 n－1時5%差異顯著水準之 t 值。

結　　果

(一)型間之莢長、莢寬、莢果面積與百粒重之變異

三型種源大豆之莢長、莢寬、莢果面積與百粒重之品種間變異如表2。同表中顯示，三型間之莢長與莢寬之變域，型間甚爲類似，然三型間之莢果面積及百粒重的變域，型間則差別較大，尤以百粒重之最小值爲然，半有限（5.9 g）與無限型間（10.0 g）幾乎差近一倍。

表 2 亦顯示，三型品種之莢長、莢寬及莢果面積的變異係數（C.V.）爲9.8～20.7%，百粒重的變異係數爲26.0～38.1%，後者的相對變異較大。

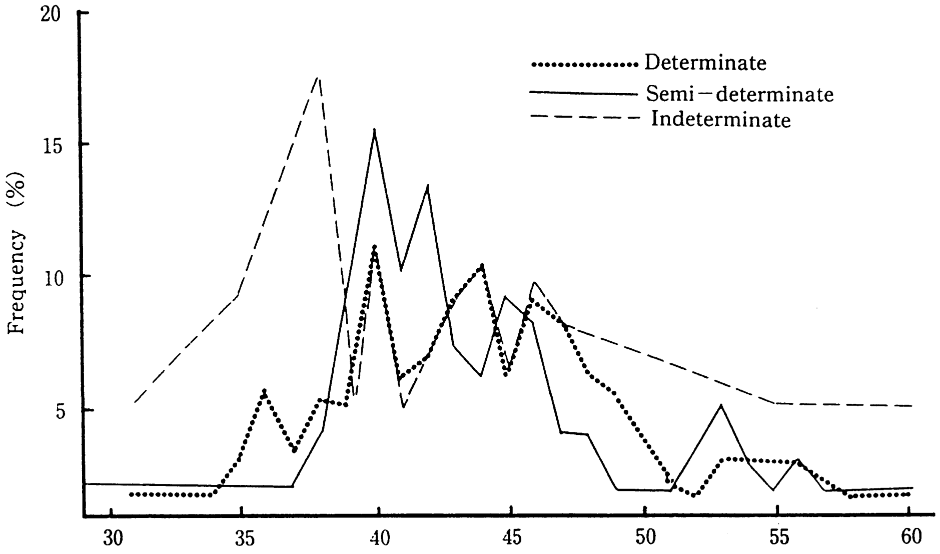
表2. 不同伸育型大豆種源之莢長、莢寬、莢果面積及百粒重等之變異

Table 2. Variability of pod length, pod width, pod area and 100-seed weight for three stem growth habit types in soybean germplasm.

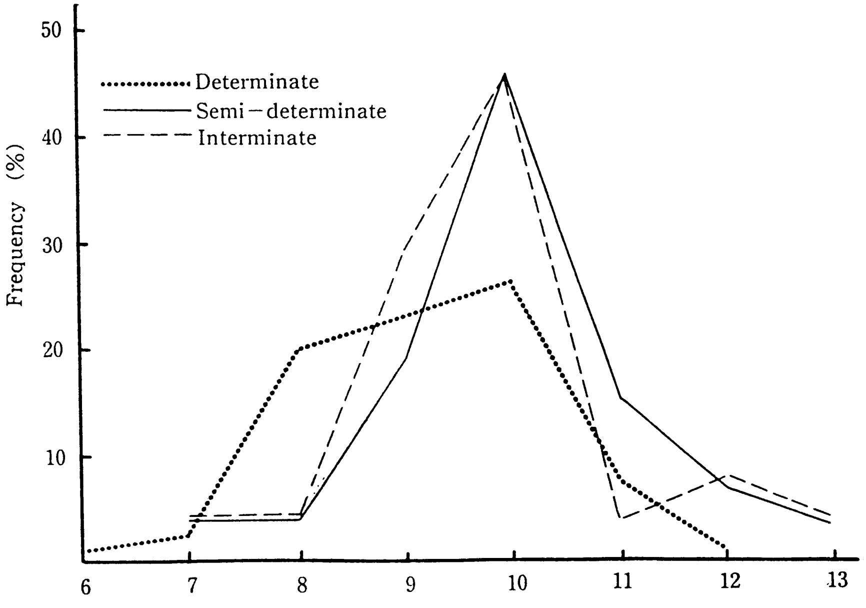
Statistics	Pod length (mm)			Pod width (mm)			Pod area (mm^2)			100-seed wt. (g)		
	D$^+$	SD	I	D	SD	I	D	SD	I	D	SD	I
Range	31～60.0	29～60.0	31～60.0	7～13.0	6～13.0	7～13.0	248～676	210～728	266～720	8.1～40.0	5.9～40.0	10～41.0
Mean	43.7	43.5	41.7	10.2	9.9	9.8	448	437	415	20.8	20.4	18.8
Mode	42.9	38.8	36.6	9.6	9.9	10.3	424	386	372	18.5	18.6	12.0
CV (%)	12.0	12.5	14.9	9.8	12.5	12.9	18.9	22.6	20.7	26.1	26.0	38.1

D=Determinate, SD=Semi-determinate, and I=Indeterminate.

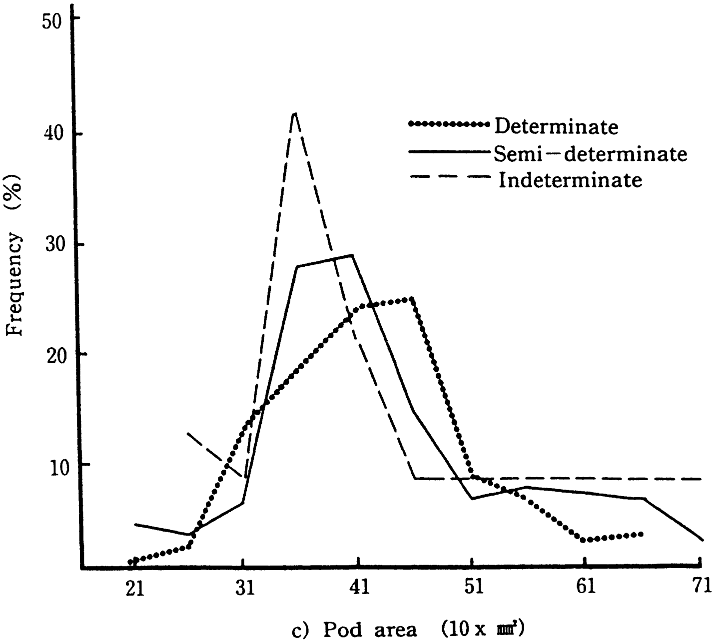
再分析該四項性狀之頻度分布（%），知莢長（圖1－a）與百粒重（圖1－d）呈右偏歪 i 形分布，即莢長與百粒重之中量（median）爲中間值，均值（mean）最大，型量（mode）最小。而莢寬（圖1－b）與莢果面積（圖1－c）則稍呈對稱 i 形分布，即莢寬、莢果面積之平均值、中量與衆量三者相近。



a) Pod length (mm)



b) Pod width (mm)



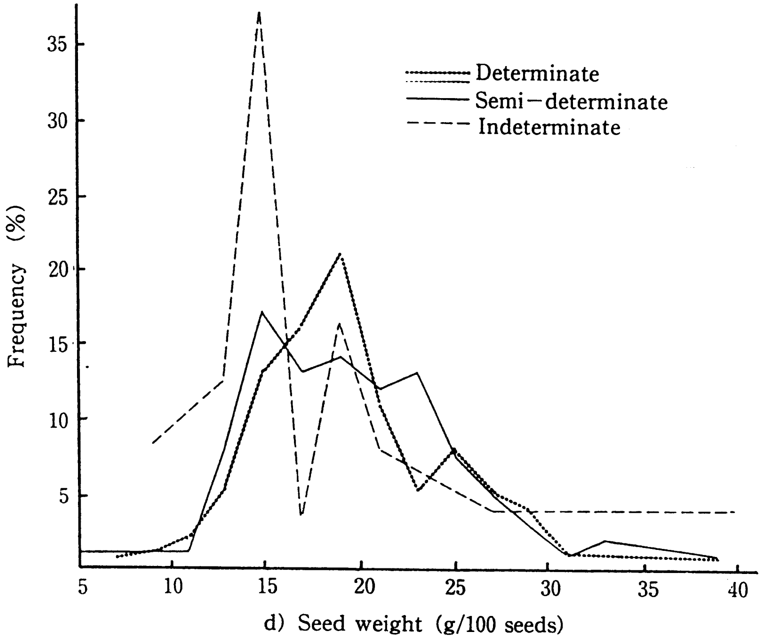


圖1. 莢長、莢寬、莢果面積及百粒重之分布：a) 莢長，b) 莢寬，c) 莢果面積，d)百粒重。

Fig. 1. Frequency distributions of a)pod length, b)pod width,c)pod area and d)100-seed weight for the three types of stem growth gabit of the soybean germplasm.

㈡型間之莢長、莢寬及其他農藝性狀之比較

供試的三型（有限、無限、半有限型）大豆的莢長、莢寬等性狀之平均值列如表3.由該表觀之，莢長呈有限＝半有限＞無限，莢寬呈有限＞半有限＝無限，而莢面積則呈有限型＞半有限型＞無限型之趨勢。反之，其餘之性狀如莢數、粒數、子粒產量、植株乾物重、株高、分枝數及主莖節數等，則均呈無限型＞半有限型＞有限型之趨勢。

表3. 三伸育型之平均莢長與莢寬等性狀之比較

Table 3. Means of characters for the three types of stem growth habit in soybean germplasm grown in spring 1989.

Character	Determinate	Semi-determinate	Indeterminate
Pod length (mm)	43.7[a]	43.5[a]	41.7[b]
Pod width (mm)	10.2[a]	9.9[b]	9.8[b]
Pod area (mm^2)	447[a]	437[b]	415[c]
Mainstem pods	17.6[c]	22.9[b]	26.9[a]
Branch pods	11.2[c]	16.6[b]	25.0[a]
Total pods	28.8[c]	39.6[b]	51.8[a]
No. of seeds	65.6[c]	91.9[b]	116.8[a]
Seed yield (g/pt.)	13.3[c]	17.7[b]	19.1[a]
100-seed wt. (g)	20.8[a]	20.4[a]	18.8[b]
Dry Pt. wt. (g/pt.)	21.0[c]	29.4[b]	37.6[a]
Plant ht. (cm)	37.5[c]	51.5[b]	60.3[a]
No. of branches	2.1[c]	2.6[b]	3.7[a]
Mainstem nodes	9.6[c]	11.9[b]	13.0[a]

Remarks：Means with different letters differed statistcally at the 5% significant level.

㈢型間之莢長、莢寬及莢面積與其它農藝性狀之關係

如表4所示，在莢長方面，三型之莢長均與其莢寬呈顯著正相關；有限型（D）的莢長與子粒產量、百粒重及植株風乾重等三性狀呈顯著正相關，半有限型（SD）的莢長與其它10項性狀均無顯著關係，而無限型（Ⅰ）的莢長則與百粒重呈顯著正相關，及與主莖節數呈顯著負相關。

在莢寬方面，三型之莢寬與百粒重均呈極顯著之正相關，而無限型大豆的莢寬與主莖莢數、分枝數、總莢數、分枝數及主莖節數等，均呈顯著之負相關關係。

各型之莢果面積，與莢長、莢寬及百粒重均呈極顯著之正相關，與百粒重之正相關關係，更爲密切；同時有限型大豆之莢果面積與子粒產量亦呈顯著之正相關；而無限型之莢果面積與主莖莢數、分枝莢數、總莢數及主莖節數等四性狀，亦呈顯著之負相關；其莢寬對該四性狀之關係有相同趨勢。

另外，表4亦顯示，大豆的主莖節數與無限型的莢長、莢寬及莢果面積，各別均呈顯著的負相關關係，成爲無限型大豆的一特性。

表4. 三型種源之莢長、莢寬、莢果面積與其它諸性狀之相關值

Table 4. Correlation coefficients of pod length, pod width and pod area with other ten characters of the three growth habit types in soybean germplasm.

Character	Pod length			Pod width			Pod area		
	D+	SD	I	D	SD	I	D	SD	I
Pod length	—	—	—	—	—	—	0.89**	0.90**	0.92**
Pod width	0.49**	0.62**	0.63**	—	—	—	0.82**	0.89**	0.87**
Mainstem pods	0.13	−0.05	−0.25	−0.10	−0.01	−0.34	0.01	−0.03	−0.33
Branch pods	0.08	−0.18	−0.39	−0.14	−0.20	−0.49*	−0.03	−0.18	−0.46*
Total pods	0.11	−0.15	−0.39	−0.15	−0.14	−0.51*	−0.02	−0.14	−0.48*
No. of seeds	0.14	−0.07	−0.36	−0.15	−0.09	−0.49*	−0.01	−0.07	−0.46*
Seed yield	0.26*	0.08	−0.20	0.02	0.15	−0.26	0.16*	0.15	−0.25
100-seed weight	0.42*	0.29	0.69**	0.52**	0.41**	0.61**	0.53**	0.41**	0.73**
Dry plant wt.	0.17*	0.02	−0.27	−0.02	−0.02	−0.25	0.09	0.03	−0.29
Plant height	0.07	−0.09	−0.10	−0.12	−0.17	−0.28	−0.03	−0.12	−0.21
No. of branches	0.09	−0.15	−0.25	−0.05	−0.19	−0.49*	0.02	−0.16	−0.38
Mainstem nodes	0.11	−0.09	−0.42*	−0.08	−0.13	−0.57**	0.01	−0.10	−0.54*

+ : Same as in Table 2.

*,** : Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

(四)不分型種源之莢長、莢寬、莢面積及百粒重之變異

表 5 是不依莖伸育特性分型時之莢果性狀及百粒重之變異情形。該表中莢長、莢寬及莢面積之變域，及莢長、莢寬、百粒重的平均值，各別與分型時的半有限型的變域及平均值 (表2) 相似；因此，其 C.V. 值亦相當接近。

表5. 不分型種源之莢長、莢寬、莢面積及百粒重之變異

Table 5. Variability of pod length, pod width ,pod area and 100-seed weight for non-classified soybean germplasm.

Statistics	Pod length (mm)	Pod width (mm)	Pod area (mm^2)	100-seed wt. (g)
Range	29.0～60.0	6.0～13.0	210～728	5.9～41.0
Mean	43.5	10.0	441	20.5
Mode	42.0	9.8	474	18.1
C.V. (%)	12.5	11.1	21	27.1

(五)不分型種源之莢長、莢寬、莢果面積與其它農藝性狀之關係

表 6 係未經分型種源之莢長、莢寬及莢果面積與其它性狀之相關關係。該表顯示，大豆之莢長、莢寬二性狀相互呈極顯著之正相關，該二性狀與莢果面積亦呈極顯著之正相關關係；而該三莢果性狀(莢長、莢寬、莢果面積)各別亦與百粒重呈極顯著之正相關關係，此一結果與種源分型時概略相似。

表6. 不分型大豆種源之莢長、莢寬、莢果面積與其它性狀之相關值

Table 6. Correlation coefficients of pod length, pod width and pod area with other ten characters in non-classified soybean germplasm.

Character	Pod length	Pod width	Pod area
Pod length	—	—	0.90**
Pod width	0.56**	—	0.86**
Mainstem pods	−0.01	−0.13	−0.09
Branch pods	−0.11	−0.24	−0.18
Total pods	−0.07	−0.22	−0.16
No. of seeds	−0.03	−0.20	−0.12
Seed yield	0.12	0.01	0.08
100-seed weight	0.41**	0.49**	0.51**
Dry plant wt.	0.01	−0.09	−0.03
Plant height	−0.04	−0.20	−0.13
No. of branches	−0.03	−0.15	−0.10
Mainstem nodes	−0.05	−0.19	−0.12

** : Significant at 1% level of probabillity.

討　論

本研究以大豆種源爲材料，探討各型種源莢果性狀之變異，及與其相關之性狀在育種上可能利用之途徑。

就莢長、莢寬、莢果面積及百粒重之平均值變異而言，各別均爲有限型>半有限型>無限型，且型間多呈顯著差異之趨勢，其中莢長及莢寬，與過去之研究報告[4,6,7,9,10,11]類似，但百粒重則各有甚大差異。

比較種源分型與不分型之莢果性狀及百粒重之變異時，發現不分型種源之莢長、莢寬及莢面積之變域，及莢長、莢寬、百粒重的平均值，各各與分型時之半有限型的變域及平均值相近。此項結果，似與 Bernard[5] 稱半有限型爲 Intermediate（中間型）或 Semi-determinate 有所關聯，成爲分型與不分型之一特色。

在莢果性狀與其它性狀之相關問題上，發現除半有限型的莢長外，種源分型或不分型之莢長、莢寬及莢果面積與百粒重均呈極顯著之正相關關係，與前人[6,9,10] 之報導甚爲一致。此外，在分型時有限型大豆之莢長及莢果面積，均與子粒產量呈極顯著正相關，成爲大豆種源分型時之利點，值得今後加以重視。

至於利用莢寬與百粒重之相關關係，以之作爲間接選拔百粒重，較直接以百粒重本身來選更爲有效的論證是，莢寬的廣義遺傳力，在單株、小區或全部植株平均，均較百粒重爲高，尤以單株莢寬的實際遺傳力（Realiaed heritability）或以變方成分（Variance eomponents）計算的，均較百粒重的大兩倍；而間接選拔百粒重的預期效率（Predicted efficiency），較直接以種子本身來選的效果較大；又在單株選拔的實際反應上，是間接選拔較直接選拔大，種子百粒重的平均改進量（Average improvement）以莢寬間接選時較以種子本身選時大50%。

然而，Frank 等[10]指出，除掉晚期莢果厚度，以任何時期的莢果大小（包括莢長、莢寬、莢厚

、面積、體積）來（間接）選拔粒重，幾乎與直接以種子來選的實際遺傳增進量（Actural genetic gain）相同；他們並指出此一不同結果，是兩個試驗中莢寬和種子百粒重的遺傳率不同之故。不過，他們強調，即使每一輪迴間接選拔百粒重的增進量並不都是較直接選拔的大，可是，以莢寬來選拔單株或品系百粒重的能力，以隨即進行雜交（指仍在開花的無限型品種，或是第二批次播的），並在該同一季節來選拔單株（種子大小）的能力，卻能明顯地影響每年的遺傳增進量。例如，在實際粒重育種時，可在同一季節以莢寬來選拔品系後，隨即重組合該等選拔的品系，而在下一季節進行測試，即兩季可完成一次選拔輪迴。但同樣的計畫，選得百粒重後來進行，即一季選拔，一季測試，另一季重組合，只需三季才能完成一次百粒重的選拔。因之，以莢寬間接來選拔百粒重，在加速育種的效果上，是可利用的。

參考文獻

1. 曾富生・1975・大豆伸育性之育種學研究。IV. 有限型與無限型品種雜交後代不同伸育型品系之特性。中華農學會報新90：44—53。
2. 曾富生・1980・大豆伸育性之育種學研究。XV. 有限型與無限型品種互交後裔之遺傳介量及育種行爲。科學發展月刊8：(7)635-645。
3. 葉樹藩・1962・試驗設計學，第一部份生物統計學。26—35頁，臺灣大學生物統計研究室印行。
4. Andrews, C. H. 1966. Some aspects of pod and seed development in Lee soybeans. Ph. D. Thesis. Mississippi State Univ. (Libr. Cong. Card No. Mic. 76-18269) Univ. Microfilms. Ann Arbor, Mich.
5. Bernard, R. L. 1972. Two genes affecting stem termination in soybeans. Crop Sci. 12：235-239.
6. Bravo, J. A., W. R. Fehr, and S.Rodriguez de Cianzio ・1980・Use of pod width for indirect slection of seed weight in soybeans. Crop Sci.20：507-510.
7. Carlson, J. S., R. L. Cooper and R. J. Martin. 1985. Dry matter accumulation and seed yield of determinate and indeterminate soybeans. Agron. J. 77：675-679.
8. Cocharn, W. G. 1964. Approximate significance levels of the Brhren-Fisher Test.Biometrices 20：191-195.
9. De Cianzio, S. Rodriguez, S. J. Frank, and W. R. Fehr. 1982. Seed width to podwidth ratio for identification of green soybean pods that have attained maximum length and width. Crop Sci. 22：463-466.
10. Frank, S. J. and W. R. Grhrl. 1981. Association among pod dimensions and seedweight in soybeans. Crop Sci. 21：547-550.
11. Fraser, J., D. B. Egli, and J. E. Leggett. 1982. Pod and seed developmint in soybean cultivars with differences in seed size. Agron. J. 74-81-85.
12. Thseng, F. S. 1982. The significance of indeterminate growth habit in soybean breeding. pp 139-155. in Proceeding of the Plant Breeding Symposium held at TARI,Taiwan, ROC.
13. Thseng, F. S. and S. Hosokawa. 1972. Significance of growth habit in soybean breeding I. Varietal differences in characteristics of growth habit. Japan. J. Breed.22：261-268.
14. Woodworth, C. M. Genetics of the soybean. J. Amer. Soc. Agron. 25：41.

Studies on the Variability of Pod Length, Pod Width and Correlative Characters in Soybean Germplasm[1]

Chan, K. L.[2] ,S. F. Lin[3], C. K. Wei[3] and H. J. Hung[3]

summary

The primary objective of this research was to study the variability of pod length, pod width and the characters correlated with them in soybean germplasm. Two hundred and seventy cultivars/breeding lines were subsampled from the 1,800 germplasm grown in 1989, and classified into three types. Characters such as pod length, pod width, pod area, and 100-seed weight, etc., were measured. Results were as follows：

1. Both in the longest and the shortest regions of pod length and width, no differences were discerned among growth types. In contrast, considerable variations were found for the characters of pod area and 100-seed weight.
2. In the twelve measured characters, determinate type soybeans were distinctively in longer pod length and width and larger pod area and seed weight, followed by semi-determinate and indeterminate ones. The opposite trend was true for the other characters.
3. Pod length, width and area were found signigicantly correlated with 100-seed weight when analyzed in both classified and non-classified soybean plants.

The results suggested that all of the three constitutions of pod size, i.e., pod length, width and area, are the effective indirect indicators for seed weigtht selection. Such selection can be applied in either classified or non-classified conditions. Futher, since pod length and pod area were significantly correlated with seed yield in the determinate type of soybeans under classified condition, the use of these two characters in estimating seed prodution is proposed.

---

1. Contribution No. 1605 from The Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively assistant breeder (soybean)[2], assistant[3], Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, Rep. of China.

中華農業研究（Jur. Agric. Res. China）41(1)：34～42（1992）

臺灣主要山葵栽培品種(系)間品質之評價[1]

胡敏夫[2]　王昭月[2]　劉慧瑛[2]

摘要：利用化學分析法及 HPLC 層析儀，評鑑省產山葵根莖及加工品之品質，發現本省主要栽培三品種（系）根莖之重要成分含量均比日本產高，其中磷含量最高達155mg/100g，比日本產65mg/100g高。本省主要栽培品種（系）間之品質比較，臺農1號雖磷含量略低，但其硫、鉀、葡萄糖及維生素C含量較高，其品質比另二品種（系）佳。以臺農1號爲材料，行加工方法研究，經比較採用添加50％葉柄及50％根莖量之產品，風味佳又成本低，農民與廠商亦可接受。

關鍵字：山葵、品質、辛味、官能測定

山葵（*Wasabia japonica* Matsum）於民國3年從日本引進至本省阿里山種植成功後，因其品質經日本專家評鑑優異[1]，於是栽培面積逐年增加，迄今數十年，此山葵產業仍維持不衰，更有進者，近年山葵產品外銷數量急增，產值據連氏[4]調查達一億八仟萬元，因之，農民栽培意願甚高，被列爲可發展之重點作物。

然當年引進所謂青色品種，歷經久年栽培，似有退化現象，加上農民不諳栽培方法，大量施用鮮雞糞及化學肥料，導致土壤理化性質長期惡化，誘罹黑心病嚴重，使產量及品質大幅降低。本所鑑於此，乃於民國72年起，著手引進種源及選育優良品種，歷經七年時間分別馴化與選育出70－Ｉ－品系及臺農1號兩品種系，其農藝特性均優於原種品種[3]，目前已逐漸取代俗稱本地種。本省現有栽培品種（系）均具不同特性，詳細分別爲，臺農1號：幼葉呈圓形，成熟葉略菱形，葉脈分明略縐縮，全株呈淡綠色，生長快，分蘗力強，株形高大，適合高、中海拔地區栽培，對高溫較鈍感，根莖大小屬中型，多汁液及辛味強，對白銹病、黑心抗病性稍強，單株可食用根莖平均達3支左右，在肥沃地種植一年可收穫，一般採收期爲1.5年，爲一良好加工兼鮮食品種。紅莖種（70－Ｉ－1）：葉形屬中型呈心臟形，葉色濃綠，葉脈網路複雜皺縮，葉背呈綠色無白色光澤，株形較小，葉柄呈淡紫紅色，低溫時大部份幼株之葉柄紫紅色色澤更明顯，分蘗力中等，可食用根莖平均僅一支，根莖較大且汁液少，辛味略遜，爲本省目前主要鮮根莖出售之品種，成熟期爲二年，適合高海拔地區栽培，對黑心病抗病力略強，白銹病及露菌病抗病力較弱。本地種：葉形大呈心臟形，葉脈網路複雜皺縮，與紅莖種不同點，則葉色較淡綠，葉背有淺白色臘光澤，根莖細長，葉柄基部淡紅色，分蘗力僅次臺農1號，單株可食用根莖平均達1條以上，辛味強亦多汁液，適於高海拔地區栽培，對白銹病、露菌病及黑心病抗病力均弱，成熟期爲二年，供售鮮根莖及加工用。

山葵產品主要以鮮根莖及加工品出售，其品質著重在香味、辛味、甘味及外觀等特性。而上述特性本所已用官能測定證實臺農１號較其他二品種（系）佳[3,5] 本項研究乃進一步針對各品種（系）之

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1606 號。本研究加工部份蒙農委會 78 食報07-(1)計劃協助，謹此誌謝。

2. 本所農藝系助理研究員、助理、農化系副究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

一般成分行化學分析，與日本栽培種所分析之資料加以比較，以確定省產品質。另外以臺農1號爲材料，將其根莖及葉柄分成不同比率，添加西洋山葵與本所改良之配方，製成產品與日本製品比較，並用化學分析法分析各加工品之一般成分，比較其優劣供廠商參考。

材料與方法

1. 一般化學分析

測試品種（系）爲臺農1號、70—I—1品系及本地種等，樣品取18個月生長期之鮮根莖磨成糊狀。水分測定，將樣品以105°C烘乾，過夜秤至恆量。灰分測定，以600°C溫度灰化後秤量。粗蛋白質採用 A.O.A.C. 法分析[9]，以 Semi-microkjeldahl 方法定氮，計量以 N%×6.25計算。粗脂肪則用乙醚以 Soxhlet 裝置抽出18小時後秤量。維生素C測定亦採 A.O.A.C. 之2.6—Dichlorophenol Indophenol 指示劑滴定法分析。鉀含量測定，係將灰分以3N鹽酸溶解並加0.2N鹽酸定量後，用火焰光度計（Flame photometer Corning Co. Model 400型）測定。磷、鈣、鎂、鐵、錳、銅及鋅等成分分析，係將灰分以稀鹽酸溶解後，再以感應藕合電漿（Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer Jobin-Yvon 38 Type III）測定。硫分析，樣品經二酸（硝酸：過氯酸5：1）分解後，以硫酸鋇沈澱比濁法測定。粗纖維測定，按 A.O.A.C. 方法分析。樣品數臺農1號取18條，70— I —1取10條，本地種取16條磨碎混合，每項成分分析二次。

2. 水抽出糖含量測定

將省產三品種（系）之根莖外皮與肉分開取樣，各取0.5g 乾燥粉末放入試管，加入2ml蒸餾水，振盪混勻後在室溫下放置2小時，再置於5°C冰箱使之沈降，取上層液過濾，以Hitachi L-600 HPLC（High Performance Liquid Chromatography）分析其抽出糖種類及含量加以比較。分離管柱爲 Lichrospher 100 NH_2 5μm，分離液相爲 acetonitril: water＝80：20（v/v），測定器爲 RI Detector）[2]。

3. 加工法研究

以臺農1號爲材料，亦取18個月生長期之根莖爲樣品，詳細方法如表1，加工品一般成分之化學分析方法同上述。

表1. 山葵糊不同加工方法
Table 1. Various processing methods of wasabi plant（Tainung No.1）

Method	Processing materials and methods		
	Petiole（%）	Rhizome（%）	Horse-radish（%）
A	35	35	30
B	20	60	20
C	10	80	10
D	50	50	0
E	20	80	0
CK	60	15	25

CK：Japanese method

結　果

一、山葵品種系間根莖之一般成分與礦物元素含量分析：

表2.　山葵品種間根莖一般成分含量之比較

Table 2. Comparison of the chemical compositions in rhizomes of different wasabi varieties.

Variety	Content (%) *						Vit. C (mg/100g)
	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	N.F.E**	Ash	
Tainang No.1	76.03[a]	4.31[b]	0.40[a]	1.18[a]	16.97[a]	1.11[a]	35.5[a]
70—I—1	78.12[a]	5.92[a]	0.34[a]	1.18[a]	13.44[c]	1.00[a]	29.2[b]
Local var.	76.01[a]	5.38[a]	0.34[a]	1.45[a]	15.73[b]	1.09[a]	30.9[b]

* Wet basis.

**Nitrogen free extract.

Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by using Least Significant Difference Test.

從化學成分分析結果，發現臺農 1 號 Vitamin C 含量最高達35.5mg/100g，其次粗脂肪亦比其餘二品種（系）略高，無氮抽取物含量亦同，但粗蛋白含量卻比另二品種（系）低。至於粗纖維含量，本地種之根莖有顯現較高趨勢。

表3.　山葵品種間礦物元素含量之比較

Table 3. Comparison of the contents of mineral element in rhizome of different wasabi varieties.

Variety	Content (mg/100g)*								
	S	P	K	Mg	Ca	Fe	Mn	Cu	Zu
Tainang No.1	160[a]	103[c]	333[a]	70[b]	68[b]	1.7[a]	0.4[a]	0.03[a]	1.5[b]
70—I—1	158[a]	143[b]	250[b]	85[a]	69[b]	2.5[a]	0.7[a]	0.06[a]	2.8[a]
Local var.	149[b]	155[a]	256[b]	87[a]	82[a]	2.1[a]	0.3[a]	0.04[a]	2.0[ab]

* Wet basis.

Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by using Least Significant Difference Test.

另從表 3 資料顯示，重要元素含量中，發現臺農1號之根莖 S、K 含量有較他二品種（系）高之趨勢，但其餘元素含量均較低，尤以 P、Mg 含量顯現較低。

二、山葵不同品種（少）之根莖水抽出糖分析

從圖1及圖2顯示，省產三品種（系）根莖含糖種類均以葡萄糖（glucose）爲主，次爲果糖（fructose），而蔗糖（sucrose）含量較低。分佈狀況，根莖外皮之葡萄糖以本地種含量較高，次爲70－Ｉ－1品系，臺農1號略低，但根莖肉之葡萄糖含量則相反，以臺農1號含量最高，70－Ｉ－1品系爲次，本地種含量甚低。

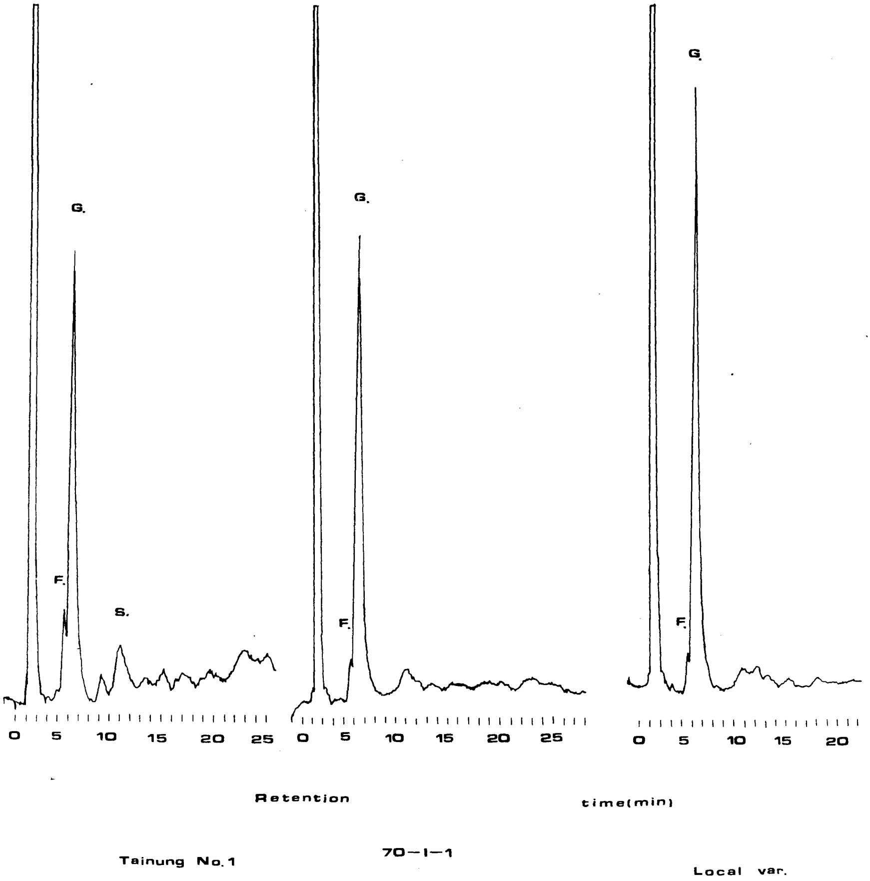


圖1. 圖山葵不同品種（系）根莖外皮之水抽出糖分分析

Fig. 1 Analysis of water extract sugar in rhizome-cortex of different wasabi varieties by HPLC.

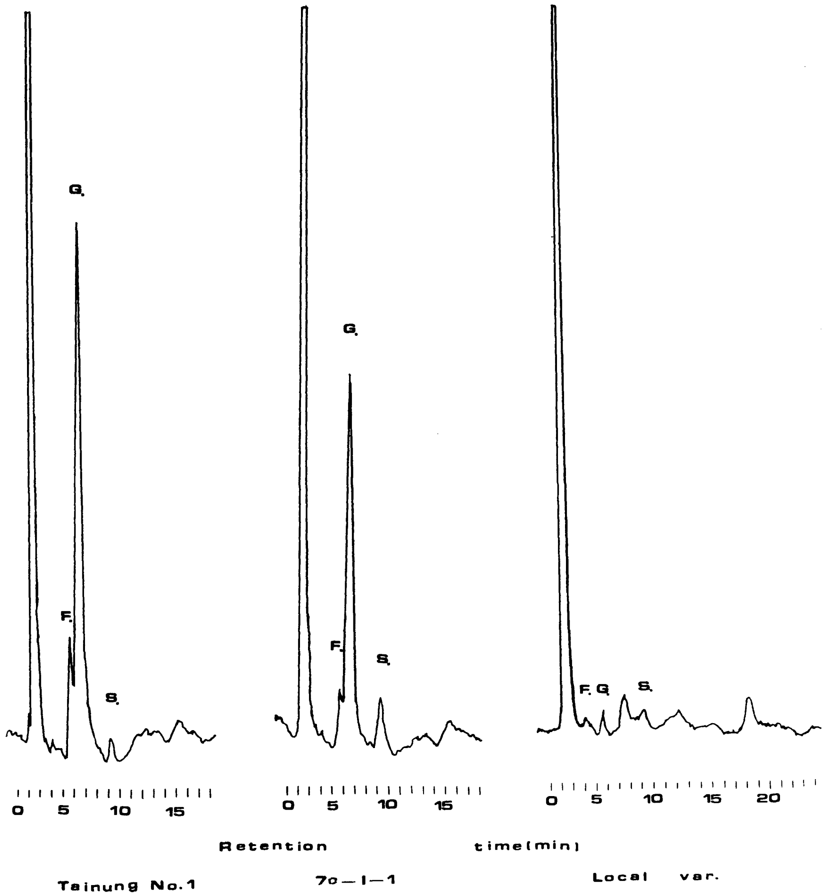


圖2. 山葵不同品種（系）根莖肉之水抽出糖分析

Fig. 2. Analysis of water extract sugar in rhizome-flesh of different wasabi varieties by HPLC.

三、加工品之山葵糊一般化學成分分析：

表4. 各種加工法之山葵糊一般化學成分比較

Table 4. Comparison of chemical compositions among various wasabi processed products.

Method	Vit.c (mg/100g)	Mositure (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Crude fiber (%)	Ash (%)
A[1]	6.4[f]	15.47[a]	11.68[b]	11.71[a]	7.90[a]	15.07[a]
B	17.9[c]	12.23[a]	12.25[b]	8.88[b]	7.58[a]	11.99[b]
C	32.1[b]	13.84[a]	14.00[a]	5.37[c]	6.77[b]	11.93[b]
D	11.5[d]	13.49[a]	13.37[b]	8.53[b]	7.39[a]	14.54[a]
E	8.3[e]	12.58[a]	11.80[b]	7.39[b]	4.62[c]	13.05[b]
CK	43.6[a]	9.47[b]	7.94[c]	3.55[d]	7.60[a]	14.45[a]

1 : See Table 1 for description of processing metods.

* Dry bassis

Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by using Least Significant Difference Test.

本項加工係以臺農1號爲材料，加工時除部份添加西洋山葵(Horse-radish)外，並添加食鹽2.2%、vit.C 0.05%、Ctric acid 0.05%、葡萄酒4.36%、辣油(HQR)0.36%、食油2.73%及飴粉0.27%等。經加工成產品後，特請農委會食品會報小組各委員品嚐，發現各產品之風味均佳難分軒輊，乃進一步行化學成分分析。分析結果如表4，就成分含量以C處理之配方，其 Vit. C 含量較高可媲美日本製品，且粗蛋白質含量亦比其他配方高，因此考慮山葵葉柄之利用價值似爲一良好之加工方法，然所添加之西洋山葵在臺灣栽培不易，若仰賴進口則不可行，不如採用D配方以添加50%葉柄及50%根莖，不僅可提高山葵全株之利用價值，同時又可維持山葵原有風味。E配方添加較多量根莖，風味優且纖維含量低，有如鮮食品大衆極爲歡迎，然採用根莖量較多成本高一般廠商恐較不易接受。

討　　論

山葵根莖成分含量分析，據日本靜岡農試場山葵分場報告[8]，每100g根莖重中含Vit. C 50mg，Ca 85mg，Fe 0.7mg, P 65mg，水分78.7g，粗蛋白4.7g，脂肪0.2g，粗纖維1.3g，無氮抽取物13.1g，灰分2g。本省主要栽培三品種（系）之根莖成分含量，如表2、3，發現除 Vit. C 含量較低於日本產外，其餘重要成分含量均較高，尤以P含量比日本產高43—90mg/100g。另據足立氏報告[7]，山葵辛味與S, N含量呈0.1%顯著正相關，與水溶性蛋白質含量呈1%顯著正相關，與 P 含量呈5%顯著正相關，即根莖中之 S、N、protein及P含量高者，其辛味有較強之趨勢，因此省產山葵根莖辛味似不差。至於省產品種（系）間之品質比較，雖臺農1號根莖P及 protein 含量稍低，但S及 Vit. C 含量均較高，於行官能測定時（Organoleptic test）[3]，以本地種爲對照，亦發現其香味（Odor）、甜味（Sweet taste）、辛味（Piquancy）及外觀（Morphograph），測試者（Panel）皆認爲比其餘二品種（系）佳，且測試山葵糊之色澤，其L值（黑白對比）高達63.38較亮，a值(紅綠對比)爲－4.50較綠，b 值(黃藍對比)爲18.47較黃，而70—Ⅰ—1品系及本地種分別爲48.56，0.50，11.70與53.50，－1.97，13.22，顯示臺農1號（72—S—1）之山葵糊色澤屬鮮黃綠色最佳（不須添加人工色素），次爲本地種，70—Ⅰ—1品系之色澤則較暗（如圖4），由此可知臺農1號甚適合供爲加工原料。至於 Vit. C 含量與辛味間之關係，據小嶋氏報告[6]Vit.C 可增加 myosinase 的活性，間接影響辛味產生，是否如此有待進一步研究。

另外，就山葵配糖體（Sinigrin）與 myosinase 作用下產生辛味丙烯芥子油、葡萄糖及硫酸鉀之情形，可看出 Sinigrin 一分子中含有兩原子硫、一原子鉀及一分子葡萄糖（如下式），則硫、鉀及葡萄糖含量似與辛味有密切關係，表3中資料顯示硫鉀含量均以臺農1號較高，此結果與官能測定臺農1號品質較佳相吻合。再者，利用 HPLC 測定各品種（系）之葡萄糖含量如圖1及圖2，亦發現臺農1號根莖肉之葡萄糖含量較高。

$$\underset{\text{Sinigrin}}{CH_2=CHC_2H-C}\begin{cases} S\text{-}C_6H_{11}O_5+H_2O \\ N\text{-}O\text{-}SO_3K \end{cases} \xrightarrow{\text{myoinase}} \underset{\text{allylisothiocyanate}}{CH_2=CHCH_2N=C=S}+Glucose+KHSO_4$$

山葵根莖之辛味，一般均認爲頂部比基部強，但小嶋氏[6]稱並無此解釋何部位辛味較強，氏曾以10月及12月生之根莖與不同部位進行其 R_i（%）值（內部標準物質面積比芥子油面積）測定，發現10月根莖之 R_i 值分佈範圍爲23.42—98.67%，而12月生根莖之 R_i 值分佈範圍爲98.9—179.7%，可見12月生之 R_i 值較高辛味較強，因之，本研究均採18個月生長期之樣品。至於不同部位測定，從基部至頂部 R_i 值分別爲141.3、130.3、136.2、132.3、132.9、120.8、135.7、97.8%等，由此，官能測定時根莖取樣部位，經日本前山分場長岩崎武先生建議，採用由頂部下2—4公分之中央部（如圖3）。

圖3. 山葵根莖取樣部位
Fig. 3. The sampling proportion of wasabi rhizome

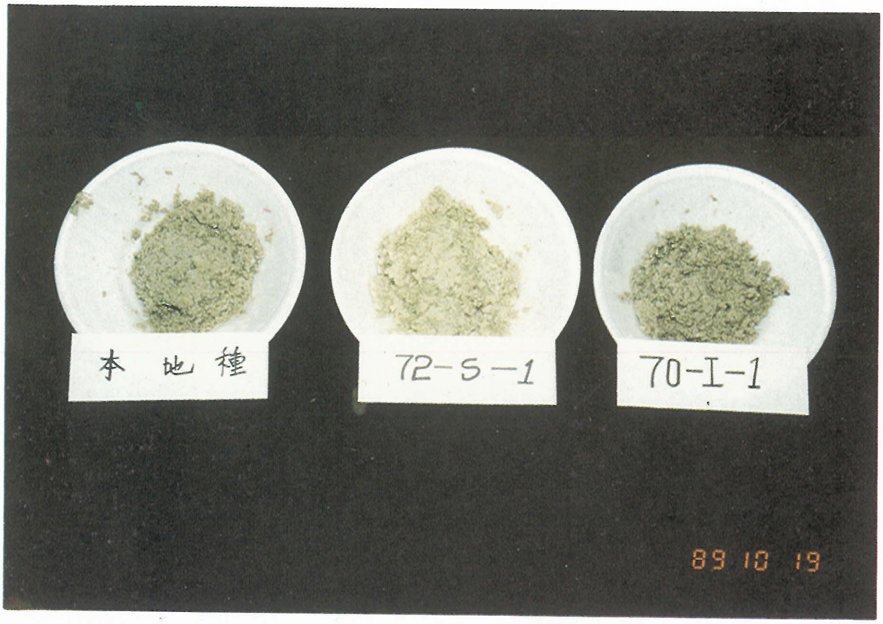


圖4. 各品種（系）山葵糊之比較
Fig. 4. Comparison of fresh pastes of different wasabi varieties.

山葵全株均可利用，以根莖部供鮮食，其餘部位供加工，但在本省與日本產區均因黑心病嚴重，致可供鮮食比率僅30－40%左右，餘必須經加工成山葵糊始能提高其產品之利用價值，且臺農1號之特性如前述，全株鮮綠、多汁又稍具甜味，甚適合供製加工。本項加工研究乃針對此目的，以臺農1號爲材料，研定各種配方（如表1）就成本及產品品質加以探究，並以日本產品（山忠株式會社提供）作比較，發現 A-E 配方之風味均比日本產品佳，其中D配方添加50%葉柄量可提高山葵利用價值，又可降低成本及不失風味，廠商樂以採用，反觀日本產品鹽份添加太多（4.4%以上）及葉柄加至60%，且爲常溫易保存添加多量藥用酒精品嘗者皆認爲太鹹有失風味。

總之，從本次基本研究可瞭解本省各品種（系）間之品質，與辛味相關之 P、S 含量並不低。以臺農1號之葉柄與根莖經加工成山葵糊，添加本所改良配方之風味均佳，可開拓國內外市場。另單以葉柄製鹽漬物，送往日本銷售已頗受好評，目前加工需求貨源甚殷，有待積極開發。有關辛味成分 Allyl 油與礦物元素種類及含量相關性，Allyl 油定量方法，均須再究明與建立，藉以證實而改良其栽培方法提昇品質。

參考文獻

1. 邱年永，1974，藥用植物栽培法，大學圖出版社印行，pp.94－97。
2. 臺灣省畜產試驗所，1987，飼料化驗分析技術手册，臺灣省畜產試驗所編印，pp.114－144。
3. 胡敏夫、邱善美、羅朝村、劉新裕、杜金池，1991，山葵臺農1號之育成，中華農業研究，40（1）：13－27。
4. 連錦漳、李國忠，1990，臺灣山葵產銷之分析，臺灣農業，26（4）7－12。
5. 劉英俊、汪金追，1983，食品化學，中央圖書出版社，第二版，pp24－26。
6. 小嶋操，1981，ワサビの科學（4）農業および園藝 V. 56 No. 8. pp. 1085－89。
7. 足立昭三，1987，ワサビ栽培，東京秀潤社，pp.93－94。
8. ワサビ栽培について，日本靜岡農試場ワサビ分場講議，p.17－18。
9. Horwitz, W. Association of offcial Agricultural Analysis. 1970. Methods of analysis (11th ed.). Method 13. 055. The association, washington, D. C.

Evaluation of the Quality on Rhizomes among Major Cultural Wasabi Varieties in Taiwan[1]

M. F. Hu[2], J. Y. Wan[2] and F. I. Liu[3]

Summary

The rhizome quality of three local wasabi varieties and their processed products were evaluated and compared with one wasabi product from Japan by using chemical and HPLC analysis. Results indicated that the contents of important elements in the rhizome of three wasabi varieties were higher than that of Japanese one. Among them, the P element in the three local varieties reached up to 155mg/100g which was much higher than that of Japanese one with only 65mg/100g. The quality of Taninung No. 1 had higher contents of S,K, glucose and vitamin C in rhizome than the other varieties, although it was criticized to have sightly lower content of P element. Results also revealed that the product with equal amounts of petiole and rhizome from Tainung No. 1 had advantages of better taste and less cost than others and could be accepted by processing manufactures and farmers in Taiwan.

Key words : Wasabi, Quality, Piquancy, Organoleptic test.

---

1. Contribution No. 1606 from Taiwan Agricultural Reserach Institute.
2. Resepectively Asistant agronomist, Research asistant, Department of Agronomy.
3. Chemist, Department of Chemistry, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan. 431, ROC.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）41(1)：43～52（1992）

山藥之生產促進及省工栽培研究[1]

王昭月[2]　賴永昌[3]　譚增偉[4]　劉新裕[2]

摘要：本研究之目的在比較三種具有高產潛力山藥品系（*Dioscorea alata L.*）之生長及產量差異，同時評估 PE 塑膠布覆蓋與否及肥料種類對參試品系塊莖生產之效益，以及探討山藥適地生產等問題，所得結果將提供大面積生產山藥之參考。

試驗結果顯示：三種參試山藥品系在臺中試區之田間成活率爲89.3—97.6%，塊莖經濟產率爲77.6—90.5%，單株塊莖產量爲580—950g，三品系中以白肉二品系千里達及70 W—04之表現較紅肉品系70 R—01爲優。千里達品系在臺中、嘉義及埔里三地區之平均公頃產量爲24.01 t/ha，略高於70 W—04，惟差異不顯著，二者同屬於高產白肉山藥優良品系，其中千里達品系由於薯形適中，較適合加工及鮮食用。

肥料種類與塑膠布覆蓋處理對不同山藥品系塊莖生產之影響很大，施用甘雨特肥或牛糞肥等有機肥料顯著較化學肥料更能提高山藥塊莖之經濟產量，化學肥料區山藥單株塊莖平均之經濟產量爲0.72 kg/plant，依次只約爲甘雨特肥區及牛糞區之86.7及85.7%，差異顯著；在覆蓋塑膠布區三種山藥品系之平均產量爲30.85t/ha，顯著高於不覆蓋區達15.6%。

二高產山藥白肉品系在三處地區之塊莖產量，以臺中地區最高，平均達33.39 t/ha，顯著高於嘉義及埔里二區，依次高達43及133%，除了人爲管理及天然因素如颱風外，適地性生產山藥，應爲生產促進考慮因素之一。

選取高產品系、施用有機肥料、覆蓋 PE 塑膠布，及適地生產，對於山藥之生產促進及省工栽培將很有助益。

關鍵詞：山藥、有機肥料、PE塑膠布覆蓋、適地生產。

山藥本性強健，耐熱、耐旱又耐瘠，生長容易，適應性廣[3,4]，本省過去只有零星種植，且由於未能慎選栽培品種及熟悉栽培與加工技術，因此產量不高且品質較差。近年來由於本所及其他相關單位之積極研究，無論在優良品種之篩選、栽培技術之改進[2,5,6,8–12,14,18,19]及加工技術之開發等方面，都已有長足進展。以本所初步之研究結果而言，已經篩選出具高產潛力之山藥品系至少10種以上，並已建立各種栽培技術及加工方法[16,17]。

篩選高產及質優品系、施用適當肥料、選擇適宜栽培地點及方式，以及克服雜草等問題，都有助於山藥之生產促進。以千里達品系爲例，其栽培土質應以富含有機質之砂質壤土較佳，化學肥料之施用量可爲　N：P_2O_5：K_2O＝90：60：60-90 kg/ha，種植時期應不晚於每年四月，而行株距爲100×30cm[16]；利用支架栽培方式對山藥產量及品質有正面提升作用[11]。

本研究之目的在進一步就品種篩選方面比較三種具高產潛力山藥品系之生長及產量差異；就生產

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1607 號。本試驗承蒙行政院農業委員會補助部分經費（計畫編號：80食品會報4—3）及臺糖公司埔里副產加工廠之協助，謹致謝意。
2. 本所農藝系助理、研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 本所嘉義分所農藝系助理。
4. 本所農化系助理。

促進及省工栽培方面，將評估 PE 塑膠布覆蓋及肥料種類對參試品系之省工及增產效益，以及探討較具高產潛力山藥品系之適地生產以提高生產量等問題，所得結果或有助於山藥之省工栽培及生產之促進，並將提供農民在大面積生產山藥之參考。

材料與方法

一、材 料：

白肉山藥（*Dioscorea alata* L.）二品系，即千里達山藥（Coconut-Lisbon）及農試品保4號（70 W—04），與紅肉山藥（*D. alata* L. var. *purpurea*）一品系，即埔里地方種（70 R—01）之種薯。

二、方 法：

高產潛力山藥品系生長與產量之比較：於78年度在臺中本所農場進行，取用千里達品系、70 W—04及79 R—01之種薯，種植行株距爲100×30cm，每一品系三行植，行長4m，試驗設計爲 RCBD，三重複。調查項目爲成活率、薯型長度、寬度、厚度及長寬比，單株薯粒及薯重，每株大於200g之經濟塊莖數目及鮮重等。

PE 塑膠布覆蓋及肥料種類對不同山藥品系單株塊莖鮮重及塊莖公頃產量之影響：於79年度在臺中本所農場進行，試驗材料取用上述三種山藥品系之種薯，種薯大小約75g，種植時種薯放入畦上開溝處，覆土約2—3cm，行株距100×30cm，每一品系三行植，行長4m，試驗設計爲RCBD ，三重複。覆蓋處理爲覆蓋 PE 塑膠布及不覆蓋但施以人工除草共二組，另配合施用三種肥料種類，其中甘雨特肥（45% chicken manure）及牛糞肥（cattle manure）爲有機肥料，另一種類爲化學肥料（NPK）。肥料用量在甘雨特肥區爲 5,000kg/ha，牛糞肥區爲5,000 kg/ha，化學肥料用量爲硫銨430 kg/ha，過磷酸鈣330 kg/ha，及氯化鉀150 kg/ha。肥料施用方式在甘雨特肥區及牛糞區爲一次施用，直接放入中央開溝處，深度約20cm，化學肥料區則於整地時混施1/3量硫銨及全量之磷肥及鉀肥，另兩次氮肥量施於萌芽後2個月及4個月。於試驗進行前，先取土樣進行土壤分析，土質分析結果如下：土壤質地爲壤土，pH 值5.5，有機質1.91%，有效 P值爲100.5 kg/ha，及有效 K 值爲230 kg/ha。三種山藥品系之全生育期約8個月。調查項目爲初期之成活率，及採收時塊莖之長度、寬度及厚度，每株塊莖數目及鮮重，每株大於200g 之經濟塊莖數目及鮮重，及小區塊莖產量，並據以估算公頃塊莖產量及進行統計分析。

高產白肉山藥品系之適地試作：於79年在臺中本所、嘉義分所及埔里三地區進行千里達山藥及農試品保4號二高產白肉山藥品系之適地性試驗，所得結果將供爲山藥較適宜地區生產之參考。種薯準備與種植、行株距及行長悉如前項，全區覆蓋塑膠布，並施以人工除草，全生育期之除草次數共4次。肥料種類、用量及施用方式亦如前項之化學肥料處理，只在施放基肥時，另加入約2,000kg/ha 之牛糞堆肥。調查項目如前項所述，同時進行統計分析。

結 果

三種參試山藥品系之成活率以千里達品系最高，達97.6%，70 W-04之94.5%次之，兩者差異不明顯，但都顯著比埔里地方品系之89.3%爲高（表1）。在塊莖形狀的比較上，千里達品系之塊莖屬於短圓且厚型，其平均長度爲14.0cm，寬爲9.2cm，厚度爲7.6cm，長寬比値爲1.52，肉色白或微黃，皮褐色；70 W—04之塊莖屬於長圓略薄型，長度24.3cm 爲千里達之1.74倍長，寬度及厚度則小於千里達，以致其長寬比値甚大，達3.04，塊莖肉色白，皮色褐；紅肉山藥品系70 R-01之塊莖平均長度最小，只12.2cm，而寬度則比其他參試品系爲大，達10.6cm，其厚度6.6cm則介於另二參試山藥品系間，屬寬厚形之掌狀塊莖，且長寬比値最低，只1.15（表1）

表1. 不同山藥品系在臺中地區之生長成活率及塊莖形狀之比較

Table 1. Comparison on survival rate and tuber shape of three yam lines cultivated at Taichung area.

Line	Survival (%)	Tuber shape			
		Length (cm)	Width (cm)	Thickness(cm)	Length/Width
Coconut-Lisbon	97.6[a]*	14.0[b]	9.2[b]	7.6[a]	1.52[b]
70 W—04	94.5[a]	24.3[a]	8.0[c]	5.5[c]	3.04[a]
70 R—01	89.3[b]	12.2[c]	10.6[a]	6.6[b]	1.15[b]

* : Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by LSD test.

三種參試山藥品系所生產之單株塊莖數目以千里達品系最高，達3.2個，70 W—04之2.5個次之，70 R-01最少只1.8個，三者之差異明顯；單株塊莖之鮮重則以70W—04之0.95kg及千里達之0.83kg較高，二者與產量較低之70 R-01相較，差異達顯著水準。單粒塊莖之鮮重以70 W—04之0.38kg領先於千里達之0.26kg及70 R—01之0.32kg，三者間差異不明顯（表2）。山藥塊莖之經濟產量乃以採收塊莖之鮮重在200g以上者估算之，經濟產率則以其佔全部塊莖鮮重之比率計算。三種山藥品系中經濟薯塊以千里達品系及70 W—04之1.8粒居先，二者顯著高於70 R-01之1.0粒；經濟薯重方面則以70W—04之0.86kg/plant 及千里達之0.74kg/plant 較高，70 R—01之0.45kg/plant 較低，差異顯著；在經濟產率方面亦有相同趨勢，即以70 W—04之90.5%及千里達之89.2%居前，而以 70R—01之77.6%殿後（表2）。

表2. 不同山藥品系之單株塊莖數目與鮮量及單株塊莖經濟產率之比較

Table 2. Comparisons on tuber number and fresh weight and economic tuber rate of various yam lines.

Line	Tuber			Eco. tuber**		
	No./pl	kg/pl	kg/tuber	No./pl	kg/pl	rate (%)***
Coconut-Lisbon	3.2[a]*	0.83[a]	0.26[a]	1.8[a]	0.74[a]	89.2[a]
70 W—04	2.5[b]	0.95[a]	0.38[a]	1.8[a]	0.86[a]	90.5[a]
70 R—01	1.8[c]	0.58[b]	0.32[a]	1.0[b]	0.45[b]	77.6[b]

* : Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by LSD test.

** : Eco. tuber : tuber weight>200g

*** : Eco. tuber rate=Eco. tuber wt./total tuber wt.

就山藥單株塊莖經濟產量之複因子變方分析表（表3）可知，不同山藥品系對單株塊莖經濟產量有極顯著的影響效果，而塑膠布覆蓋及不同肥料種類對經濟產量也有顯著的效應，惟品系與覆蓋、品系與肥料種類、覆蓋與肥料種類以及品系、覆蓋與肥料種類間之交感效應則不顯著。

表3. 山藥單株經濟產量之複因子分析（四重複）

Table 3. Analysis of variance for economic tuber yield per plant of yam.

Source	df	SS	MS
Line (L)	2	2.00	1.00**
Cover (C)	1	0.16	0.16*
Fertilizer (F)	2	0.23	0.11*
L×C	2	0.048	0.024
L×F	4	0.32	0.080
C×F	2	0.02	0.011
L×C×F	4	0.21	0.052
Frror	54	1.86	0.034

*,**：Significantly at 5% and 1% level, respectively.

不同山藥品系之平均單株塊莖經濟產量以70 W—04之0.99kg/plant 最高，其次爲千里達之0.81 kg/plant，而以70 R—01之0.58kg/plant 最低，三者間之差異顯著。不同肥料種類覆蓋及不覆蓋二區對單株塊莖經濟產量之影響以牛糞肥區每株0.84kg之產量最高，其次爲甘雨特肥區之0.83kg，兩者間差異不顯著，但都顯著比化學肥料區每株0.72kg之產量爲高（表4）。PE 塑膠布覆蓋與否對塊莖經濟產量有顯著之影響，覆蓋區所有參試山藥品系之平均單株經濟產量爲0.84kg，明顯較不覆蓋區之0.74kg 爲高。

表4. 肥料種類、覆蓋及不同品系對臺中地區山藥單株塊莖經濟產量之影響

Table 4. Effect of various fertilizers, PE plastic covering and lines on economic tuber yield per plant (kg/plant) of yam cultivated at Taichung area.

Fertilizer	Covering	Coconut-Lisbon	70 W—04	70 R—01	Mean
45% Chicken manure	covering	0.85	0.99	0.74	0.83_a
	non-covering	0.74	1.06	0.56	
$N—P—K_1$	covering	0.76	1.00	0.60	0.72_b
	non-covering	0.71	0.65	0.57	
Cattle manure	covering	0.86	1.22	0.54	0.84_a
	non-covering	0.92	1.02	0.48	
Mean		0.81_b[2]	0.99_a	0.58_c	

1. N—P—K：compound fertilizer, N—P—K=90—60—90 kg/ha
2. Means followed by the same letter within the row (and column) are not significantly different at 5% level by LSD test.

就山藥公頃產量之複因子變方分析表（表5）可知，不同品系對塊莖公頃產量有極顯著的影響效果，塑膠布覆蓋處理也有顯著的促進作用，而品系與肥料種類間之交感效應亦達顯著水準；至於不同肥料種類、品系與覆蓋、覆蓋與肥料種類以及品系、覆蓋與肥料種類等之效應則不顯著。

表5. 山藥公頃產量之複因子變方分析（四重複）

Table 5. Analysis of variance for tuber yield (t/ha) of yam.

Source	df	SS	MS
Line (L)	2	2,184.56	1,092.28**
Cover (C)	1	313.16	313.16*
Fertilizer (F)	2	261.35	130.68
L×C	2	35.46	17.73
L×F	4	608.47	152.12*
C×F	2	46.77	23.39
L×C×F	4	350.02	87.50
Error	54	3,174.87	58.59

*,** : Significantly at 5% and 1% level, respectively.

不同山藥品系之塊莖公頃產量以70 W—04之33.92t/ha 最高，其次爲千里達之31.25t/ha，此二品系間之塊莖產量差異不顯著，但都明顯高於70R—01之21.14t/ha。PE 塑膠布覆蓋區之山藥公頃產量30.85t/ha 顯著高於不覆蓋區之26.68t/ha（表6）。在不同山藥品系與肥料種類之交感效應下之產量以牛糞肥區70 W—04之40.25t/ha爲最高，其次爲甘雨特肥區70 W—04之33.64t/ha，及牛糞肥區千里達之33.34t/ha，以上三者產量間之差異不顯著，而以70 R—01在三種肥料種類下之表現最差，在牛糞肥區70R—01之產量只有17.79t/ha（表7）。

表6. 塑膠布覆蓋及不同山藥品系對臺中地區山藥塊莖產量（t/ha）之影響

Table 6. Effect of PE plastic covering and lines on the tuber yield (t/ha) of yam cultivated at Taichung area.

Line	Covering	Non-covering	Mean
Coconut-Lisbon	32.41	30.09	31.25^{a}
70 W—04	36.14	31.69	33.92^{a}
70 R—01	24.01	18.26	21.14^{b}
Mean	30.85^{a}*	26.68^{b}	

* : Means followed by the same letter within the row (and column) are not significantly different at 5% level by LSD test.

表7. 肥料種類與不同品系對臺中地區山藥平均公頃產量之影響

Table 7. Effect of various fertilizers and lines on the tuber yield of yam cultivated at Taichung area.

Line	45% Chicken manure	N P K[2]	Cattle manure
Coconut-Lisbon	30.73$_{bc}$[1]	29.67$_{bc}$	33.34$_{ab}$
70 W—04	33.64$_{ab}$	27.87$_{bcd}$	40.25$_{a}$
70 R—01	24.83$_{cde}$	20.77$_{de}$	17.79$_{e}$

1. Means followed by the same letter within each row and column are not significantly different at 5% level by LSD test.
2. N—P—K : compound fertilizer, N—P—K=90—60—90 kg/ha.

兩種高產白肉山藥品系在三處地區之試作結果列如表8，就單株薯數而言，千里達品系在臺中地區爲3.2粒，嘉義地區爲2.6粒，埔里地區爲2.3粒，平均爲2.7粒，都比70 W—04之薯粒爲多。就經濟薯粒而言，除了埔里區外，亦以千里達品系略多；而單株經濟薯重則反以70 W—04在嘉義及埔里二區較大，只在臺中地區略低於千里達品系。就塊莖形狀而言，千里達薯塊長度之變域在11.9cm—16.2cm之間，寬度之變域在7.4cm—8.7cm之間，厚度之變域在5.6cm—7.9cm間，其長寬比值在1.37至2.19間，70 W—04各地區平均塊莖長度、寬度、厚度及長寬比值依次各爲26.9cm、7.8cm、5.9cm、3.47cm，比較千里達與70 W—04之塊莖形狀，明顯可知千里達屬於較短圓及厚形，70 W—04則爲長圓薄狀。

表8. 高產白肉山藥品系在三處地區之塊莖性狀及產量比較

Table 8. Comparisons on the tuber characters and yield of two yam lines with high yield potential cultivated at three experimental stations.

Line	Tuber No/pl	Eco. tuber		Tuber shape				Yield t/ha	Survival %
		No/pl	kg/pl	Length (cm)	Width (cm)	Thickness (cm)	L/W**		
				Taichung					
Coconut-Lisbon	3.2[a]*	2.1[a]	0.95[a]	16.2[b]	7.4[a]	5.6[a]	2.19	35.71[a]	100.0
70 W—04	2.4[a]	1.7[ab]	0.85[a]	24.8[a]	6.4[a]	5.4[a]	3.88	31.07[a]	100.0
				Chiayi					
Coconut-Lisbon	2.6[a]	1.9[a]	0.90[a]	12.8[b]	8.1[a]	7.9[a]	1.58	23.26[b]	95.5
70 W—04	1.8a[b]	1.8[a]	1.03[a]	25.2[a]	8.3[a]	6.1[a]	3.04	23.59[b]	88.9
				Puli					
Coconut-Lisbon	2.3[a]	1.2[b]	0.49[b]	11.9[b]	8.7[b]	6.4[a]	1.37	13.08[c]	100.0
70 W—04	1.5[b]	1.3[b]	0.76[a]	30.6[a]	8.8[a]	6.1[a]	3.48	15.55[c]	86.7

* : Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by LSD test.

** : L/W = Length/Width

比較二品系在三處地區之塊莖產量可知，以臺中地區最高，千里達爲35.71t/ha，70 W—04爲31.071t/ha；其次爲嘉義地區，二品系都具有23t/ha 之生產力。在較高海拔（670m）之埔里地區，則二品系之產量下降幅度甚大，千里達只有13.08t/ha，農試品保4號雖略高，但亦只15.55t/ha 而已。由表7二品系在三處地區之成活率可知，千里達之適應能力較優於70 W—04，以埔里地區爲例，千里達爲100%，而70 W—04則只有86.7%而已。

討　論

山藥爲薯蕷科（*Dioscoreaceae*）薯蕷屬（*Dioscorea*）之蔓性多年生植物，本所特用作物研究室多年來即致力於蒐集及篩選優良山藥品系，已篩選出較具高產潛力之品系，在白肉山藥系統中有千里達山藥（Coconut-Lisbon）、巴西山藥（Brazilien yam）、農試品保1號（代號70 W—01）、嘉義地方種山藥（Chiayi local yam，代號70 W—02）、臺東地方種山藥（Taitung local yam，代號70 W—03）及農試品保4號（代號7 W—04）等31品系，上述六種山藥品系在植物分類上都屬於短

形塊莖之大薯（*D. alata* L.）彼此在植株地上部性狀及地下塊莖形態上略有差異[1,16]；在紅肉山藥系統中則有埔里地方種（Puli local yam，代號70 R—01）及南投紅薯（Nantou red yam，代號79R—01）等13品系，70 R—01及79 R—01二種紅薯品系在植物分類上屬於紫田薯（*D. alata* L. var. *purpurea* M. Pouch.）。依據本所過去產量比較資料（未發表）可知，白肉山藥系統中尤其以千里達山藥及70 W—04之產量較高，且穩定性較大，紅肉山藥品系中則以70 R—01較優。

塊莖長度在50cm以下之短形山藥一般之生育全期約8個月左右[16,17,23]係屬於較長期且需較多勞力之作物之一[21]，與甘藷比較，甘藷之生育期恰爲山藥之半，而生產力不低於山藥，且山藥在整個生長過程中，勞力支出甚多，如整地、種植、立支架、除草及收穫等項都須要甚多勞力，這是山藥生產之兩項不利因子[21]。惟山藥爲重要的國際性作物之一[15,25,26]，雖然生育期較甘藷爲長，且有勞力支出很多的缺點，但因山藥極適合在本省生長，適應力強，病蟲害少，收量頗豐，且山藥的營養成分極爲豐富，含有甚多的必需胺基酸[16]、甚高的蛋白質與澱粉、粘蛋白質（mucin）、尿囊素（allantoin）、膽鹼（choline）、脂肪、維生素 B_1、B_2 與 C，及Ca，P，Fe 及 I 等礦物元素[12,16]，在藥用、食用及加工利用之價值不容忽視[7,12,13]。

爲克服生育期甚長及勞力支出過多的缺點[21]，在山藥品種篩選方面，宜選育豐產及早熟品種（系）[22]，在省工栽培方面，宜速謀控制雜草之對策，並探討利用機械於整地、種植及採收的可行性。立支架之山藥栽培方式雖可提高塊莖的產量及品質，但因支架成本及勞力支出太多，且易受風災影響，大面積生產時不宜採行。在雜草控制方面，似宜於萌芽前噴施殺草劑作先期防治，進而以較密植的方式及施用適當肥料種類與用量，以促使山藥莖蔓生長，使迅速覆蓋畦面，而達到防除雜草的目的。此外，對於山藥的生產利用仍有下列幾項值得加強研究發展工作：在繁殖技術方面，宜試行莖蔓扦插[20]及組織培養等繁殖之可行性，以與種薯及零餘子之繁殖方式比較，及評估其效益；在塊莖貯藏技術方面，開發至少貯藏六個月之塊莖貯藏技術[23,24]，對於加工利用材料之供應將大有助益；在病蟲害防治方面，宜開發防治炭疽病之藥劑種類及劑量。此外，最近發現在塊莖上有蟎之存在，亦宜及早注意施行防治措施；在加工利用方面，應開發多方面加工成品，因加工製品較易貯放，材料之需量較大，且附加價值較高，將更能提高農民收益。

肥料種類對不同山藥品系單株塊莖經濟產量之影響頗大，比較三種肥料種類對參試山藥品系之經濟產量（kg/plant）之效應可知，以甘雨特肥之 0.83kg及牛糞肥之0.84kg之經濟產量較高，化學肥料之0.72kg較低，施用甘雨特肥或牛糞肥等有機肥料較化學肥料更能明顯提高山藥塊莖之經濟產量（表4）。千里達品系在甘雨特肥區塊莖之平均經濟產量爲0.80kg/plant，在牛糞地區爲0.89kg/plant，在化肥區則只有0.74kg/plant，化肥區依次低於甘雨特肥區及牛糞區各約7.5%16.8%；與此情形類似，70 W—04在化肥區之平均經濟產量（0.83kg/plant）分別亦低於甘雨特肥及牛糞區各19.4%及25.9%；就紅肉山藥品系70　R-01而言，其化肥區之經濟產量（0.59kg/plant）約低於甘雨特肥區9.2%，惟較牛糞則高出15.7%。比較三種參試山藥品系單株塊莖之經濟產量可知，以70 W—04之平均產量最高，達0.99kg，千里達品系次之，爲0.81kg，而70 R-01則只有0.58kg，三者間差異達顯著水準（表4）。

塑膠布覆蓋與否對不同肥料種類處理下山藥塊莖生產之影響很大，就高產白肉山藥品系千里達而言，施用甘雨特肥且有塑膠布覆蓋之千里達山藥塊莖產量爲34.03t/ha，不覆蓋時只爲27.48t/ha，增產約23.8%，不覆蓋區須配合人工除草，全生育期除草次數總共四次。在化肥區覆蓋時之產量爲30.91t/ha，不覆蓋時只爲28.42t/ha，約增產8.8%；在牛糞區則以不覆蓋之34.38t/ha較覆蓋之32.29t/ha約高出6.5%。就另一高產白肉山藥70 W—04而言，覆蓋下化肥區及牛糞肥區之產量分別爲33.46t/ha 及42.61t/ha，各約爲不覆蓋時之150%及112%，增產幅度甚大，惟對甘雨特肥區而言，反以不覆蓋時之產量（34.91t/ha）較覆蓋區高出7.9%。就紅肉山藥品系70 R—01而言，覆蓋處理下三種肥

料之產量在甘雨特肥、化肥及牛糞肥區各爲31.01t/ha、21.67t/ha 及19.32t/ha 較不覆蓋區之增產效果相當一致，增產幅度以甘雨特肥區之66.3%最大，其次爲牛糞肥區之18.8%，而以化肥區之9.1%最小。比較三種山藥品系在覆蓋區之平均產量以70 W—04最高，達36.14t/ha，約高出不覆蓋區14.0%，千里達產量爲32.41t/ha，較不覆蓋區高出7.7%，紅肉品系70 R-01之產量雖較低，但較不覆蓋區之增產效率最大，達31.5%。進一步比較表6結果可知，參試山藥三品系之公頃生產能力，以70 W—04最高，達33.92t/ha，其次爲千里達品系之31.25t/ha，埔里地方種品系之產量最低，但亦達21.14t/ha，前二者間差異不顯著，惟二者皆顯著高於後者。覆蓋區內三種山藥品系之平均產量爲30.85t/ha，遠較不覆蓋區之26.68爲高，增產率達15.6%，差異達顯着水準（表6）。

甘雨特肥之組成以雞糞爲主，佔量約45%，其他成分爲發酵過之鋸木屑、蚵殼粉及苦土石灰。比較雞糞與牛糞之組成可知，雞糞中氮磷鉀含量依次爲1.66%、2.92%及1.79%，牛糞則爲0.43%、0.38%及0.29%，甘雨特肥若只以其45%之雞糞估算，其內之氮磷鉀含量依次爲0.75%、1.31%及0.81%，皆比牛糞爲高。在有機農業觀念漸成風尙之今日，畜牧廢棄物之利用將可減少環境污染問題、增加土壤有機質、並改善土壤之理化性及生物性，是以豬、雞及牛等畜產排泄物，以及混合肥料如甘雨特肥之被廣泛採用，將可預期。由本研究的結果可知，施用甘雨特肥及牛糞肥等有機肥料比施用化學肥料更可提高山藥塊莖之經濟產量及公頃產量，惟覆蓋與否就有機肥料對不同山藥品系的效益而言，則略不一致，如千里達品系在牛糞肥處理下覆蓋區之產量不如不覆蓋區，70 R—01在甘雨特肥處理下亦出現相似現象，此可能由於牛糞肥及甘雨特肥之發酵程度不一所致，或 PE 塑膠布覆蓋時會導致根溫提高，或另促使有機肥料繼續發酵，會間接影響山藥植株之生長及塊莖之形成，鑑於甘雨特肥30 kg之單價210元爲牛糞肥5.25倍高，而效果相差不多，故有機肥料之選定，仍應以牛糞肥爲主。

除了 *D. japonica* 及 *D. opposita* 兩種山藥外，其他山藥品種屬於典型之熱帶作物，由於不能忍受寒害，且20°C 以下之溫度將嚴重影響山藥之生長[23,26]，所以山藥栽培區之海拔高度一般皆在800—1,000公尺以下[25]。本研究三處試作地區之山藥產量以埔里地區最差，以千里達爲例，埔里區之產量依次只約爲嘉義區及臺中區之56%及37%（表8），此種產量低下原因可能與海拔有關；此外，埔里地區於本次試驗進行期間遭受颱風侵襲之程度大於嘉義及臺中二區，或爲其原因之一。

參考文獻

1. 行政院衛生署中藥典範編輯委員會。1985。山藥。中華民國中藥典範第一輯：660—664
2. 李玉寶。1976。山藥密植試驗。臺灣省花蓮區農業改良場業務年報。pp：70—72。
3. 李玉寶。1976。山藥品種對不同地勢適應性試驗。臺灣省花蓮區農業改良場業務年報。pp：72—77。
4. 李玉寶、蔡炯松。1978。山藥品種對不同地勢適應性試驗。臺灣省花蓮區農業改良場業務年報。pp：53—56。
5. 李玉寶、蔡炯松、周明和。1979。山藥品種比較試驗。臺灣省花蓮區農業改良場業務年報。pp：77—81。
6. 李玉寶、蔡炯松、周明和。1979。山藥種薯切塊大小對產量與經濟之關係研究。臺灣省花蓮區農業改良場業務年報。pp：81—82。
7. 那琦、甘偉松、楊榮季。1978。臺灣產藥材之生藥學研究（IV）臺灣產零餘子之生藥學研究。中國醫藥學院研究年報9：330—375。
8. 郁宗雄、陳嘆。1975。山藥新品種。豐年25：16—17。
9. 徐原田。1978。磷鉀肥施用量與行株距密度對山藥產量及蛋白質含量之影響。中華農業研究27：315—324。
10. 徐原田。1979。不同覆蓋物對山藥產量及品質影響之研究。中華農業研究28：117—123。
11. 徐原田。1981。不同支架型式對山藥產量及品質影響。中華農業研究30：357—361。
12. 張進益。1988。山藥。經濟植物集。豐年社出版。pp：44—49。
13. 黃金池。1985。山藥一臺灣稀有作物系列。農業周刊11：26—27。
14. 彭德昌。1988。利用塑膠管栽培長形山藥。豐年38：49—52。

15. 劉棠瑞、黃增泉。1978。*Dioscoreaceae* 薯蕷科。Flora of Taiwan。pp：100—109。

16. 劉新裕。1989。千里達山藥之生產能力與品質分析研究。中華農業研究38：312—325。

17. 劉新裕、呂秀英、王昭月、賴永昌。1990。環境因子對山藥生長與產量之影響。中華農業研究39：287—296。

18. 蔡炯松、周明和。1981。山藥不同栽培密度與不同施肥量對產量之影響試驗。臺灣省花蓮區農業改良場業務年報。pp：82—84。

19. 蔡炯松、周明和。1982。山藥品種對花蓮地區山坡地試驗。臺灣省花蓮區農業改良場業務年報。pp：95—96。

20. Wilson, J. E. 1982. Recent developments in the propagation of yam (*Dioscorea* spp) .Yams, Clarendon press Oxford. pp：55—59.

21. Oyolu, C. 1982. Inherent constraints to high productivity and low production cost in yam (*Dioscorea* spp) with special reference to *Dioscorea rotundata* Poir. Yams, Clarendon Press Oxford. pp：147—160.

22. Lyonga, S. N. and J. A. Ayuk-Takem. 1982。Investigations on selection and production of edible yams (*Dioscorea* spp) in the western highlands of the United Republic of Cameroon. Yams, Clarendon Press Oxford. pp：161—172・

23. Onwueme, I. C. 1978. Origin, classification, and growth cycle of the yam plant. The Tropical tuber crops. The Pitman Press, New York. pp：3—16.

24. Passam, H. C. 1982. Dormancy of yams in relation to storage. Yams, Clarendon Press Oxford. pp：285—293.

25. Tindall, H. D. 1983. *Dioscoreacea*. Vegetable in the Tropics. Macmillan Press Londan. pp：201—224.

26. Yamaguchi, M. 1983. Yam. World Vegetable. AvI publishing company. U. S. A. pp：139—147.

Studies on the Production Improvement and Labour Saving Technique of Yam (*Dioscorea alata* L.)

J. Y. Wang[2], Y. C. Lai[3], T. W. Tan[4] and S. Y. Liu[2]

Summary

Two lines of *Dioscorea alata* L. and one line of *Dioscorea alata* var. *purpurea* M. Pouch. were compared for their growth and yield differences to select a higher yield potential yam line. Effects of covering with PE plastic and fertilization on the tuber yield were also studied. The purpose of this experiment was to understand the means of cultural improvement and labour saving technique of the yam production.

Experimental results indicated that for the three lines, the survival rate after transplanting ranged between 89.3 and 97.6%, economic tuber yield percentages were 77.6—90.5%, and tuber yield per plant was 580—950g. The performance of the two *D. alata* lines, especially Coconut-Lisbon, was superior to that of *D. alata* var. *purpurea* M. Pouch. Although average tuber yield of the two *D. alata* lines over three locations was not significantly different, Coconut-Lisbon possessed better shape of tubers and hence was more preferable to 70 W—04 for processing and table use.

Tuber mean yield of both Coconut-Lisbon and 70 W-04 grown in Taichung area(33.39 t/ha) was 43% and 133% higher than in Chiayi and Puli areas, respectively, indicating differential adaptability of yam among locations.

Singnificant effects of various yam lines, covering with PE plastic and N fertilizer on yam productiom have also been recorded. yield per plant was 720g for chemical fertilizer treatment, which was only 86.2% the value of organic manure treatment. Mean tuber yield over plastic covering treatment was 30.85 t/ha, or 15.6% higher than that of the check treatment. Among three yam lines, mean tuber yields of 70 W—04 and Coconut-Lisbon were significantly higher than that of 70 R—01.

Experimental results suggest that cultivating superior line under favorable environmental conditions in combination of the application of organic manure and plastic covering are effective in improving yam production efficiency and lowering labor cost in Taiwan.

Key words : Yam, organic fertilizer, PE plastic covering.

---

1. Contribution NO. 1607 from Taiwan Agricultural Research Institute. This study was supported by a grant from the Council of Agriculture and assisted by the Puli by-product manufactory, Taiwan Sugar Company.
2. Assistant and senior agronomist, respectively. Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 41301, ROC.
3. Assistant, Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI.
4. Assistant, Department of Agricultural Chemistry, TARI.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）41(1)：53～60（1992）

麥門冬（Ophiopogon spp.）品系間生長特性、產量及品質之比較[1]

徐 原 田　　劉 新 裕[2]

摘要：本試驗利用五種麥門冬品系：57－M1、57－M2、57－M3、57－M4及57－M5，自民國77年2月起利用分株法定植田間，至78年5月止，於本所進行5個不同生長時期之調查與比較，以探討麥門冬品系間之生長特性、產量及品質之差異。試驗結果如下：

於不同生長時期麥門冬品系間之株高、分蘗數、葉與花之性狀、及塊根之性狀與產量等互有差異，而以57－M4及57－M5二品系在株高、分蘗數、葉長及塊根產量等性狀之表現較爲優異。

單株平均塊根乾重以57－M4最高，每公頃收量達9,900kg；57－M5次之，每公頃收量爲3,700kg，皆顯著高於其他品系。此外，另參考塊根之礦物質、還原糖及澱粉等成分含量，初步證實57－M4與57－M5應爲最具發展潛力之麥門冬品系。

關鍵詞：麥門冬、塊根產量、品質

麥門冬爲神農本草經上品藥用與保健植物[1]，別名麥冬、寸冬、虋冬、階前草根、家邊草根、羊韭、馬韭、羊薺、愛韭、禹韭、忍陵、不死藥、仆壘、隨脂、羊耆、禹葭、書帶草米邊、秀墩草、馬糞草、及韭葉麥冬[1,10,13,15,17]。

麥門冬是我國重要藥材之一[1-4,7,8,10,13-19]，自古用作滋補祛痰藥，並可服食斷穀及作爲清涼保健飲料用，用途非常廣泛。古代得道之高僧及修道人士多以此爲療飢材料據說可促進身體活動力[14]。麥門冬塊根味甘、微苦、性微寒，入心、肺、胃三經，功能爲清心潤肺、養胃生津、及化痰止咳。歷代諸家對於麥門冬之藥效敍述甚詳[1-4,10,13-25]，據梁朝陶弘景著『名醫別錄』云：治脚重目黃，胸膈滿，虛勞潮熱，口乾煩渴，止嘔，足痿無力，益精，消穀調胃，益肺氣，安心神，令人強建。宋朝大明著『日華子本草』云：治勞損傷氣，安心定神，時病熱盛，頭痛，咳嗽。明朝倪朱謨著『本草匯言』云：麥門冬爲清心潤肺之藥，主津液不足，驚悸怔忡，健忘恍惚，精神失守，肺熱肺虛，咯血咳血，虛勞潮熱，津液虛損。本省每年需要麥門冬之量極大，惟多仰賴進口，據國貿局海關74年資料指出，麥門冬進口量爲119,931kg，共耗外匯達2.465萬元。

麥門冬屬於百合科（Liliaceae）多年生常綠草本植物，自生於山林樹下的半陰性地[5,8,20,23,25]，經栽培後，發育良好的植株，其根莖短，鬚根長而多，有的膨大成小塊根，塊根微黃色至白色。葉叢生，細長呈線形，四季發育，質硬，葉先端鈍。春末或夏初自葉間抽出花莖，短於葉，總狀花序，開淡紫色或紫色小花[2]，花被6片，雄蕊6枚，黃色，柱頭呈棒狀，子房下位。花後結碧藍色球形漿果，內含一粒種子，極少數有二粒種子[7,8]。

依據那氏等[9]引用 Frances Perry 氏之研究結果，全球百合科植物計250屬3,700種，其中以麥門冬屬不僅在藥用上爲百合科植物之最重要者，在園藝學上亦可供作盆景及庭園美化用。

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1608 號。
2. 本所農藝系助理與研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

本所曾於1968年利用自國外引進二品系及自國內徵集到三品系進行試種觀察，並曾先後在大雪山、清境農場、梅峰農場及臺北本所等地試種，其中僅臺北本所地區地上部之生育以及地下部塊根之生成尚稱良好，其他在大雪山、清境農場及梅峰農場等地因爲海拔較高氣溫較低，以致其地上部發育不良，且地下塊根收量甚差。民國76年另於臺中本所及中海拔羅娜地區試種，發現麥門冬頗適於羅娜山坡地種植[7,8]。

由過去本所初步品系觀察比較可知，五種麥門冬種源之特性差異如下：

1. 大葉種：株高45cm，葉長30cm，寬7—10mm，初期生育較其他品種爲快，葉呈斜立狀。耐旱性中等。當土壤過於乾旱時易發生冠腐病，植株得病時易萎縮枯黃而死，故應注意適時灌水，以防止冠腐病之發生[7,8]。
2. 闊葉種：株高45cm，葉長39cm，寬6—13mm。初期生育較其他品種爲慢，其分蘖速率亦慢，因此影響其塊根產量。本品系耐旱性頗強[7,8]。
3. 小葉種：株高40cm，葉長37cm，寬3—8mm，初期生育尚佳。本品系耐旱性強[7,8]。
4. 細葉種：株高60cm，葉長46cm，寬2—4mm，初期生育尚稱良好。耐旱性強。塊根產量高，具有發展潛力[7,8]。
5. 長葉種：株高51cm，葉長48cm，寬3—7mm。初期生育快速，分蘖旺盛。葉片垂下。耐旱性強，塊根產量高，亦具有發展潛力[7,8]。

上述五種種源只有小葉種及細葉種能結實，餘3種未見有結實情形，究係自花不孕，或需要靠其他媒介授粉等，尚待究明。

有關麥門冬種源之特性資料甚爲貧乏，急待補充。本研究即在探討麥門冬品系間之生長特性，並就其農藝性狀、產量及品質進行初步分析與比較，所得結果將供進一步育種與栽培試驗之參考。

材料與方法

一、材料：參試麥門冬品系計有五種如下：

1. 大葉種，代號57—M1。
2. 闊葉種，代號57—M2。
3. 小葉種，代號57—M3。
4. 細葉種，代號57—M4。
5. 長葉種，代號57—M5。

二、方　法：

參試五品系之分株苗取自本所藥園，每品系種植之小區面積爲4m²，3重複，採用逢機完全區集設計，行株距各20cm，每穴植三株，於臺中本所農場進行品系間生長特性、農藝性狀、產量及品質之差異比較。

整地時混施下列肥料當作基肥：堆肥30,000kg/ha、N 肥100kg/ha 之一半、$P_2O_5$50kg/ha與 K_2O100kg/ha。氮肥另一半於定植後4、8、12個月分爲三等分施用。上述五品系之分株苗於77年2月定植本所農場，由於麥門冬一般於定植後15個月採收[5-8,18]，故本試驗於定植後4、8、11、14及15個月進行各項調查與分析工作。調查項目如下：株高、葉長、葉寬、葉厚、分蘖數、開花期、花及果實特性、塊根數、塊根長、塊根寬、塊根厚、塊根鮮重、塊根乾重、塊根水分含量及重要礦物質、糖、澱粉成分測定等。

部分調查項目之基準如下：

1. 花　期：從始花至末花之期間。
2. 盛花期：約有75％的植株開花時。
3. 成熟期：果實達到90％成熟時。
4. 花莖長：花莖自葉間抽出之長度，以 cm 示之。
5. 花　徑：花滿開時之直徑，以 cm 示之。
6. 果　形：果實之型態。
7. 果　重：果實每次以逢機取樣10個之平均重，重複三次，以 g 示之。
8. 塊根成分分析：水分以普通常壓乾燥法定量。礦物元素含量測定乃取1g 樣品，以三酸混合液即 HNO_3：$HCLO_4$：H_2SO_4＝4：1：1（v/v），加熱分解，並定量至 50ml 後，以焰光分析法分析 K 與 Na，以原子吸光法測 Ca 及 Mg，P 則以鉬黃法分析[12]。澱粉含量測定以比色分析法測定[11]。初還原糖含量以 Somogyi 法測定。上述分析過程中每處理隨機取樣烘乾樣品1－5g，重複3次，分析結果以平均值表示，同時進行變方分析及以 Fisher 氏 LSD 法比較平均值差異之顯著性。

結果與討論

㈠麥門冬品系於不同生育期之農藝性狀比較：

五種麥門冬品系在定植後初期之生長較爲緩慢，品系內之性狀差異不大。

定植4個月後，五種麥門冬品系之平均株高爲25.45cm，其中57－M4及57－M5兩品系顯著高於其他品系。在分蘗數方面，57－M2之分蘗數最少，只有1.02株，顯著低於其他品系。在葉部性狀比較方面，以57－M4及57－M5最長，而以57－M2之葉最寬且最厚，葉之長寬比值最大的爲57－M4之68.75，其次爲57－M5之47.73，而以57－M1及57－M2之比值較低(表1）。

定植8個月後，五種麥門冬品系之平均株高爲28.3cm，其中57－M5及57－M4兩品系之株高達30cm以上，顯著高於其他品系，而以57－M1品系株高最低，只有23.7cm。在分蘗數方面，五品系之平均分蘗數爲5.2支，而57－M2品系只有1.8支，與其他品系比較相差極爲明顯。在葉部性狀方面，葉長以57－M5及57－M4兩品系明顯較其他品系爲長；而葉寬及葉厚二性狀則以57－M2同時具有最寬及最厚之特性；最高的長寬比值出現在57－M4之74.13，而以57－M2之比值27.84最低（表1），57－M4品系有很明顯的細葉現象。

於定植11個月後之株高仍以57－M4及57－M5兩品系表現較優，兩者顯著高於其他參試品系。在分蘗數方面則以57－M1、57－M5及57－M3最多，而以57－M2之2.57支最少。在葉長方面以57－M4及57－M5兩品系明顯較其他品系爲長；57－M2品系在葉寬及葉厚二性狀表現較佳，惟57－M1之葉寬與57－M2比較已無差異；最高之長寬比值97.14仍然出現在57－M4品系，而以57－M1之30.52最小（表1）。

定植15個月後之株高以57－M4之58.33cm 最高，與57－M4之48.6cm 差異顯著，兩者同時高於其他品系。此時期之分蘗數以57－M5之72.33支最多，57－M2之9.97支最少。葉長方面以57－M4之57.7cm 居所有品系之冠，以57－M3之37.3cm 最短；葉寬則以57－M1之1.33cm 遠較其他品系爲寬；各品系間葉厚之差異較小，惟以57－M2之葉較厚；葉長與葉寬之比值以57－M4之128.2最高，其次爲57－M5之64.2，最低比值30.75出現在57－M1品系（表1）。

表1. 麥門冬品系於不同生育期之農藝性狀比較

Table 1. Comparisons on agronomic characteristics from plants with various growth durations of mai-men-tung lines.

Line	Growth duration (month)	Plant height (cm)	Tiller (no/pl.)	Leaf			
				Length (cm)	Width (cm)	Thickness (mm)	L/W
57—M1		20.75[c+]	3.97[a]	19.00[b]	0.78[b]	0.47[b]	24.36
57—M2		24.50[b]	1.02[b]	20.25[b]	0.83[a]	0.54[a]	24.40
57—M3	4	23.75[b]	3.26[a]	19.25[b]	0.69[c]	0.48[b]	27.90
57—M4		28.50[a]	4.10[a]	24.25[a]	0.36e	0.44[b]	68.75
57—M5		29.75[a]	3.70[a]	26.25[a]	0.55[d]	0.46[b]	47.73
Average		25.45	3.21	21.90	0.642	0.48	38.63
57—M1		23.67[c]	6.17[a]	22.33[b]	0.80[b]	0.47[b]	27.91
57—M2		26.17[bc]	1.83[b]	24.50[b]	0.88[a]	0.58[a]	27.84
57—M3	8	26.83[b]	6.00[a]	24.83[b]	0.72[c]	0.52[b]	34.49
57—M4		31.17[a]	6.33[a]	28.17[a]	0.38e	0.48[b]	74.13
57—M5		33.67[a]	5.67[a]	29.67[a]	0.62[d]	0.48[b]	47.85
Average		28.31	5.20	25.90	0.68	0.51	38.09
57—M1		24.33[c]	11.37[a]	23.50[d]	0.77[a]	0.52[b]	30.52
57—M2		28.83[b]	2.57[c]	28.00[b]	0.80[a]	0.67[a]	35.00
57—M3	11	26.17[c]	9.27[ab]	25.83[c]	0.63[b]	0.53[b]	41.00
57—M4		35.33[a]	8.27[b]	34.83[a]	0.37[c]	0.48[b]	94.14
57—M5		34.50[a]	10.60[ab]	34.00[a]	0.62[b]	0.53[b]	54.84
Average		29.84	8.42	29.24	0.64	0.55	45.69
57—M1		42.27[c]	42.10[b]	40.90[c]	1.33[a]	0.47[b]	30.75
57—M2		41.90[c]	9.97[d]	39.83[cd]	1.07[b]	0.57[a]	37.22
57—M3	15	39.00[c]	25.97[c]	37.33[d]	0.74[c]	0.50[ab]	50.45
57—M4		58.33[a]	51.10[b]	57.70[a]	0.45[d]	0.48[ab]	128.22
57—M5		48.60[b]	72.33[a]	44.30[b]	0.69[c]	0.50[ab]	64.20
Average		46.02	40.29	44.01	0.86	0.51	51.17

[+] Means followed by the same letter within each column during each growth stage are not significantly different at 5% level by LSD test.

綜合比較五種麥門冬品系15個月生育期之植株性狀可知，57—M4及57—M5二品系在株高、分蘖數及葉長等三方面之表現較其他品系爲優，葉寬以57—M1而葉厚以57—M2之表現較佳。

㈡麥門冬品系間開花特性之比較：

57—M1品系之開花期自7月下旬起延續至11月上旬，盛花期爲9月上旬至10月上旬。57—M2自7月上旬開花，一直延至8月中旬，盛期爲7月上旬至8月上旬。57—M3之開花期每年有兩次，第一次自2月下旬至5月上旬，第二次自7月上旬至7月下旬，盛花期各爲3月中旬至4月中旬，及7月下旬至8月下旬。57—M4之開花期自6月中旬至11月上旬，盛花期爲7月下旬至9月中旬。57—M5之開花期自6月中旬至8月上旬，盛花期爲6月下旬至7月中旬。

花梗長度以57—M2之30.7cm 最長，其次爲57—M1之29.2cm、57—M4之27.8cm 及57—M5之25.7cm，而以57—M3之17cm 最短。品系間花徑大小則介於57—M1之0.54cm 及57—M4之0.38cm之間。品系間之花重以57—M1之108mg 最重，其次爲57—M2之92mg、57—M3之83mg 及57—M5之72mg，而以57—M4之64mg 最小（表2）。

表2. 麥門冬品系之開花特性

Table 2. Flower characteristics of mai-men-tung lines.

Line	Peduncle (cm)	Petal diameter (cm)	Flower weight (mg／pl)
57—M1	29.2[a+]	0.54[a]	108[a]
57—M2	30.7[a]	0.39[b]	92[b]
57—M3	17.0[b]	0.41[b]	83[b]
57—M4	27.8[a]	0.38[b]	64[c]
57—M5	25.7[a]	0.43[b]	72[c]

[+] Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by LSD test.

五種麥門冬品系皆爲單瓣小花，淡紫色或紫色。上述五品系只有57—M3及57—M4二品系能結實，餘3品系未見結實現象。57—M3品系果實成熟期在11月上旬，漿果球形；57—M4品系果實成熟期爲12月中旬，亦爲球形之漿果。

㈢麥門冬品系塊根性狀及產量比較：

定植15個月後麥門冬五品系塊根性狀之比較列於表3，五種麥門冬單株之平均塊根數以57—M4之238粒高居首位，其次爲57—M5之107粒及57—M1之59粒，三者間差異顯著，而以57—M2及57—M3之粒數最少。在塊根長度方面以57—M1之2.8cm最長，惟與57—M2之2.6cm及57—M5之2.5cm差異不明顯，最短型塊根爲57—M3，只有1.9cm。在寬度方面則以57—M5之0.92cm最寬，其次爲57—M4之0.84cm及57—M2之0.83cm，此三者間差異不顯著。在塊根之長寬比値方面以57—M1之5.71最高，其次爲57—M2之3.07及57—M5之2.7，而以57—M3之2.68及57—M4之2.56較低。在塊根厚度方面，以57—M2及57—M5之0.73cm 最厚，其次爲57—M4之0.53cm，而以57—M3之0.47cm及57—M1之0.41 cm 最薄。單株塊根鮮重方面以57—M4之61.57g 最高，每公頃收量可達15.99t，其次爲57—M5之9.7 t/ha，而以57—M2及57—M3之1.6及0.7t/ha最少，品系間差異極爲顯著。單株塊根乾重方面以57—M4之31.94g爲最高，每公頃可收9,900kg，其次爲57—M5之14.81g，每公頃收3,700kg，57—M1每公頃收量爲1,370kg，而以57—M2之3.03g 及57—M3之2.38g 爲最少，每公頃依次只收760及600kg，品系間差異顯著（表3）。綜合比較五種麥門冬品系15個月生塊根公頃產量可知，以57—M4之表現最優，次佳品系爲57—M5。此外，另參考文獻記載(5-8,18)及表1之性狀調查結果可知，麥門冬初步之採收時期似可於定植15個月後進行。

表3. 種植15個月後不同麥門冬品系塊根性狀與產量之比較

Table 3. Comparisons on tuber characteristics and yield of mai-men-tung lines after 15 months of cultivation.

Line	Number (no/pl.)	Length (cm)	Width (cm)	L/W	Thickness (cm)	Fresh weight (g/pl.)	Fresh weight (t/ha)	Dry weight (g/pl.)	Dry weight (kg/ha)
57—M1	58.6[c+]	2.80[a]	0.49[c]	5.71	0.41[c]	12.64[c]	3.16[c]	5.48[c]	1,370[c]
57—M2	13.4[cd]	2.55[ab]	0.83[ab]	3.07	0.73[a]	6.37[cd]	1.59[cd]	3.03[d]	760[d]
57—M3	11.0[d]	1.85[c]	0.69[b]	2.68	0.47[bc]	2.85[d]	0.71[d]	2.38[d]	600[d]
57—M4	237.7[a]	2.15[bc]	0.84[ab]	2.56	0.53[b]	61.57[a]	15.99[a]	31.94[a]	9,900[a]
57—M5	107.1[b]	2.48[ab]	0.92[a]	2.70	0.73[a]	38.80[b]	9.70[b]	14.81[b]	3,700[b]
Average	85.6	2.37	0.75	3.34	0.57	24.45	6.23	11.53	3,266

[+] Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by LSD test.

麥門冬定植8月、11月、14月及15月後各性狀間之相關性大致相同（表4），綜述4個生育期中均具顯著差異正相關的性狀包括：株高與葉長、株高與塊根乾重，以及葉長與塊根乾重。在4個生育期均具顯著差異負相關的包括：株高與葉寬，及葉長與葉寬。另外，8月及14月兩生育期之分蘗數與葉寬、分蘗數與葉厚均爲顯著頁相關關係。14月及15月兩生育期之分蘗數與塊根乾重爲顯著正相關。8月、14月及15月三生育期葉寬與塊根乾重爲顯著以上負相關。其他亦具顯著負相關關係之性狀爲：11月生之株高與分蘗數，株高與葉厚、葉長與葉寬及葉厚與塊根乾重；具顯著正相關關係的性狀。亦包括11月生之分蘗數與葉寬，及葉寬與葉厚等。

表4. 麥門冬不同生長期各項性狀與乾塊根收量之相關分析

Txble 4. Correlation coefficients of agronomic characteristics and tuber yield (dry weight) at various growth durations of mai-men-tung lines.

Character -istics	Growth duration (month)	Tiller (no./pl.)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf thickness (mm)	Tuber yield (g/pl.)
Height (cm)	8	0.18	0.97**	−0.62*	−0.23	0.62*
	11	−0.65**	0.98**	−0.86**	−0.65**	0.63*
	14	0.50	0.99**	−0.90**	−0.31	0.95**
	15	0.57*	0.97**	−0.63*	−0.17	0.97**
Tiller (no./pl.)	8		0.18	−0.58*	−0.83**	0.40
	11		−0.55*	0.79**	0.23	−0.09
	14		0.49	−0.67**	−0.72**	0.60*
	15		0.48	−0.40	−0.27	0.55*
Leaf length (cm)	8			−0.60*	−0.18	0.61*
	11			−0.75**	−0.63*	0.73**
	14			−0.91**	−0.29	0.96**
	15			−0.63*	−0.18	0.98**
Leaf width (cm)	8				0.49	−0.93**
	11				0.67**	−0.28
	14				0.33	−0.94**
	15				0.02	−0.71**
Leaf thickness (mm)	8					−0.40
	11					−0.57*
	14					−0.41
	15					−0.24

*,**Significant at p=0.05 and 0.01, respectively.

㈣麥門冬品系塊根品質之分析比較：

麥門冬塊根水分含量方面以57—M5之61.84%爲最高，其次爲57—M1之56.65%、57—M2之52.45%及57—M4之48.12%，而以57—M3之16.43%最低。此外塊根另含有多種重要礦物質、糖及澱粉成分。礦物元素中 Ca 含量以57—M1之0.05%最高，而以57—M2之0.03%爲最低，品系間之差異不顯著；K含量以57—M1之1.54%爲最高，其次爲57—M3及57—M5之1.37%，而以57—M2之0.86%及57—M4之0.55%爲最低，品系間差異明顯；Mg 含量介於0.12%及0.17%之間，五品系間差異不明顯；Na 含量以57—M1之0.12%爲最高，其次爲57—M4及57—M5之0.05%，而以57—M2及57—M3之0.04%爲最低；P 含量以57—M3之2.11%爲最高，其次爲57—M5之2.05%，而以57—M4之1.01%及57—M2之0.78%爲最低。還原糖含量以57—M5之22.43%爲最高，其次爲57—M2之11.63%，而以57—M1之8.57%及57—M3之4.83%爲最低。澱粉含量以57—M3之24.07%爲最高，其次爲57—M4之22.53%及57—M1之20.83%，而以57—M5之14.8%及57—M2之13.2%爲最低。麥門冬塊根富含碳水化合物，而構成碳水化合物之糖及澱粉含量總和以57—M5及57—M4爲最高（表5）。

表5. 麥門冬品種（系）塊根之重要成分比較

Table 5. Chemical components of mai-men-tung tubers.

Line	H_2O (%)	Ca (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	P (%)	Reducing sugar(%)	Starch (%)
57—M1	56.65[ab+]	0.05[a]	1.54[a]	0.17[a]	0.12[a]	1.22[c]	8.57[c]	20.83[a]
57—M2	52.45[ab]	0.03[a]	0.86[c]	0.12[a]	0.04[b]	0.78[e]	11.63[b]	13.20[b]
57—M3	16.43[c]	0.04[a]	1.37[b]	0.15[a]	0.04[b]	2.11[a]	4.83[d]	24.07[a]
57—M4	48.12[b]	0.04[a]	0.55[d]	0.12[a]	0.05[b]	1.01[d]	10.23[b]	22.53[a]
57—M5	61.84[a]	0.04[a]	1.37[b]	0.12[a]	0.05[b]	2.05[b]	22.43[a]	14.80[b]

[+] Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by LSD test.

麥門冬爲目前生藥中不可或缺之藥用材料，優良品系之篩選標準除了應具產量高及穩定外，其塊根品質與營養價值亦爲重要考慮因素之一。綜合以止一結果可知，不同品系間麥門冬植株之生長及塊根收量差異甚大，五種參試品系中最具發展潛力之品系應爲57—M4及57—M5，此二品系值得繼續探討其特性及適應性，以爲進一步品種改良及栽培時之參考。

參考文獻

1. 文光圖書有限公司。1982。神農本草經—麥門冬。文光圖書有限公司出版。臺北。p. 50。
2. 中國生草藥研究發展中心。1976。中國方藥學—麥門冬。啓業書局出版。臺北。pp.694—695。
3. 中國生草藥研究發展中心。1977。彩色生草藥圖譜第二輯—麥門冬。啓業書局出版。臺北。pp.298—299。
4. 甘偉松。1965。臺灣植物藥材誌（II）—麥門冬。中國醫藥研究所出版。臺北。p.82—84。
5. 徐原田。1969。麥門冬栽培管理與調製。農友20。p.36。
6. 徐原田。1980。特用作物。六。藥用作物（五）麥門冬。豐年社、臺北。pp.634—635。
7. 徐原田。1991。重要保健植物—麥門冬簡介。農藥雜誌90：51—53。
8. 徐原田。1991。麥門冬品種改良及栽培技術。臺灣省農業試驗所技術服務雙月刊5：13—15。
9. 那琦、甘偉松、趙葳莉。1977。臺灣產藥材之生藥學研究（III）臺灣產百合及市售紫菀之生藥學研究。私立中國醫藥學院研究年報（8）：821—870。
10. 邱年永。1973。藥用植物栽培法—麥門冬。大學圖書出版社。臺北。pp.412—414。
11. 畜產試驗所。1987。澱粉之測定。飼料化驗分析技術手册。臺南。pp.60—66。
12. 張淑賢。1981。本省現行植物分析法。作物需肥診斷技術。農林廳出版。南投。pp.53—59。
13. 張蘭昌。1981。中藥大辭典（IV）—麥門冬。昭人出版社。臺中。pp.3574—3580。
14. 啓業書局。1974。中國藥材學（下）—麥門冬。啓業書局。臺北。pp.693—696。
15. 許鴻源。1980。中藥材之研究—麥門冬。新醫藥出版社。臺北。pp .94—95，542—544。
16. 賴榮祥。1976。原色生藥學—麥門冬。文華印刷公司。臺中。pp.102—106。
17. 顏焜熒。1980。原色常用中藥圖鑑—麥門冬。南天書局出版。臺北。pp.57—58。
18. 刈米達夫、木村雄四郎。1959。和漢藥用植物—小葉麥門冬、大葉門冬。廣川書店出版。東京。pp.388—389。
19. 刈米達夫、若林榮四郎。1934。藥用植物栽培法—麥門冬。養賢堂。東京。pp.436—441。
20. 木島正夫、柴田承二、下村孟、東丈夫。1963。藥用植物大事典—麥門冬。廣川書局出版。東京。pp.173—174。
21. 木村康一、木村孟淳。1964。原色日本藥用植物圖鑑—麥門冬。保育社出版。大阪。p.122。
22. 戶刈義次。1963。藥草栽培—麥門冬。養賢堂。東京。pp.14—26。
23. 伊澤凡人、三宅壽夫、田中孝治、藤森正久。1962。これからの藥草栽培と採取。アヅミ書房刊。東京。pp.190—193。
24. 竹本常松、近藤嘉和。1977。藥になる植物のはなし—麥門冬。同文書院。東京。pp.22—24。
25. 村越三千男。1958。藥用植物事典—麥門冬。福村書店出版。東京。pp.75—76，191—192。

Comparisons on the Agronomic Characteristics, Tuber Yield and Quality of Mai-Men-Tung Lines (Ophiopogon spp.)[1]

Y. T. Shyu and S. Y. Liu[2]

Summary

Five lines of mai-men-tung, i. e., 57-M1, 57-M2, 57-M3, 57-M4, and 57-M5 were compared for their agronomic characteristics and tuber differences to select a higher yield and quality line. Experiment was conducted from 1988 to 1989 at TARI. Experimental results indicated that there were significant differences in performances of plant height, tiller number, leaf and flower characteristics and tuber yield measured at five growth durations among lines. Lines of 57-M4 and 57-M5 were superior in plant height,tiller number, and leaf length to other lines. Mean yield of dry tuber of 57-M4(9,900 kg/ha) was the highest, followed by 57-M5(3,700kg/ha). By comparing the measured agronomic characteristics, tuber yield and chemical compositions, it was suggested that 57-M4 and 57-M5 were the most promising lines of mai-men-tung for future research usage.

Key words : Mai-Men-Tung (*Ophiopogon* spp.), Tuber yield, Quality

1. Contribution No. 1608 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Research assistant and senior agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wu-feng, Taichung Hsien 41301, Taiwan, ROC.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）41(1)：61～69（1992）

黃色黏板誘捕非洲菊斑潛蠅（*Liriomyza trifolii* (Burgess)）之效果測定[1]

王清玲　　林鳳琪[2]

摘要：黃色黏板(15×20cm)對距離10m外之非洲菊斑潛蠅（*Liriomyza trifolii* (Burgess)）無明顯誘引作用。在一般設施栽植之非洲菊上每畦每隔 2 m至 8 m水平放置一塊黃色黏板，於 4 日內成蟲被誘捕率自11.3%至34.6%，平均誘捕率22.4—26.5%。誘捕率以釋放後第1日最高，1日齡成蟲之被誘捕率可達17.2%，2、3日齡成蟲之被誘捕率分別爲9.4%與10.1%。黃色黏板誘得成蟲雌／雄性比值爲0.48—0.52，低於正常族群性比值之0.89—1.03。誘得1日齡成蟲之雌雄數目差異最大，雌雄性比值0.37，2日齡爲0.58，3、4日齡分別爲1.07與1.17。在14—25°C範圍內，日平均溫度之高低與誘捕率間無明顯相關。

關鍵字：非洲菊斑潛蠅，黃色黏板，非洲菊，誘捕。

黃色對蠅類具誘引效果，將具黏著性的黃色物質置放於田間，即可誘引蠅類前來而黏附其上。在斑潛蠅(*Liriomyza* spp.)發生地區，常利用黃色黏板來偵測其發生，並進行田間族群消長調查或相關的研究[4,5,9,10,13,14]。於非洲菊斑潛蠅（*Liriomyza trifolii* (Burgess)）或番茄斑潛蠅（*Liriomyza bryoniae* (Kaltenbach)）發生嚴重的荷蘭、比利時、義大利、加拿大等地，黃色黏板曾應用於綜合防治上；於密閉溫室栽植的菊花[6]、非洲菊[3]、番茄[7,8,11]或茄子[7]的植株間放置黃色黏板，配合化學藥劑噴施或寄生蜂的釋放可達防治斑潛蠅的效果，黃色黏板可發揮其誘捕成蟲的作用，且不影響生物天敵，經過一段時間後即可使斑潛蠅密度顯著降低。

在臺灣非洲菊斑潛蠅是1988年始被記錄[12]，受害作物包括豆類 、瓜類、番茄、茄子、馬鈴薯、十字花科蔬菜與非洲菊、菊花等， 目前已成爲蔬菜與花卉作物的重要害蟲。作者等與各區農業改良場人員曾於此蟲侵入初期，利用黃色黏板進行其擴散範圍偵測，證實此種方法使用簡便且效果良好[1]。爲了使用上的便利， 對黏板的顏色以及其於菊花或非洲菊園的適當放置方式等亦曾有所觀察與研究[2]。

因黃色黏板能誘捕相當數目的斑潛蠅，一般認爲其於本省除用於發生偵測外，應當亦可配合化學藥劑與生物天敵同時應用於該蟲的防治體系中，此一措施尤適用於設施內栽植的高價作物。在開放式的簡易設施內，影響潛蠅密度的因素很多，黏板的使用效果難以依蟲體田間密度而做出正確的估測，因而瞭解黏板實際誘捕斑潛蠅的能力，將有助於評估黏板可能發揮的防治效果。本報告即就此方面觀察的結果提供一些具體數據及資料，以供田間應用的參考。

材料與方法

於彰化縣田尾、臺中市大坑等地非洲菊園採取含非洲菊斑潛蠅幼蟲的葉片，攜回實驗室內放置，

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1609 號。
2. 本所應用動物系副研究員及助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

每日以毛筆收集成熟蛹，置於容器中待其羽化，將成蟲集中後，進行各項釋放試驗。

黃色黏板由長15cm寬20cm黃色西卡紙製成，由色度計（Color and color difference meter, Model TC 6FX, Tokyo Denshoku Co., LTD）測定之亮度爲83.14，紅綠比－11.6，黃藍比37.7[2]，表面並塗以主成分爲聚異丁烯（polyisobutene）的一層透明黏蟲膠。

一、黃色黏板有效距離測試

在臺中縣霧峰鄉臺灣省農業試驗所農場，一處面積70×100m未種植任何作物的平坦草坪上，以一定點爲中心，向東、西、南、北四個方向每隔10m設置一塊黃色黏板，黃色黏板以直立方式放置，底部距離地面10m。黃色面均朝向中心點，同一方向放置的黏板依次以順時針方向偏移30cm，如此黏板並非在同一直線上，不致互相遮擋。1990年8月10—14日每日上午10時於中心點釋放非洲菊斑潛蠅成蟲1000隻，於釋放後1、4、8、24小時觀察距中心點不同距離黏板的黏著蟲數，重複2次。

二、黃色黏板放置密度測試

於臺中市大坑地區設施栽植非洲菊上進行。簡易設施以鉛管爲架，頂端覆蓋透明塑膠布，四壁開放。每座設施內栽有非洲菊5畦，畦寬1.2m，長30m，非洲菊斑潛蠅於非洲菊上自然發生。黏板放置於非洲菊植株旁，共有四種放置密度，每種放置密度分別於獨立設施內進行，每兩座試驗用設施間另有一座設施，以爲區隔。處理Ⅰ：設施中每畦每隔 2 m放置一塊黏板，處理Ⅱ：設施中每畦每隔 4 m放置一塊黏板，處理Ⅲ：設施中每畦每隔 8 m放置一塊黏板，處理Ⅳ：僅在設施中央第 2 與第 4 畦每隔 8 m放置一塊黏板。各處理相鄰兩畦的黏板互相交錯放置，例如處理Ⅰ：第一畦自畦首 2 m處放置一塊黏板，第 2 畦則自 1 m處開始放置第一塊黏板；處理Ⅱ第1畦自畦首 4 m處放置第一塊黏板，第 2 畦則自 2 m處開始，餘類推。黏板放置24小時後即予收回，同一設施內每日放置的黏板密度不同，採用輪流更換式，於1990年9月共進行4日亦即每一種間距於不同設施內共重覆 4 次。

另於試驗進行同時，以直徑35cm之捕蟲網於設施內畦上逢機選取10點進行掃網，於每逢機點連續來回揮動掃網10次，計算平均捕得成蟲數，並以10點的平均掃網蟲數爲該一設施掃網蟲數。

三、黃色粘板誘捕率測定

在本所農場密閉設施內進行。設施頂部爲透明塑膠布，四周均圍以細紗網，其內栽植非洲菊 5 畦，畦寬1.2m，長50m，定期施以殺蟲劑馬拉松（malathion）或硫賜安（evisect），以杜絕害蟲發生，試驗開始前至少 2 週即停止用藥，試驗期間除人爲釋放的斑潛蠅外，無自然發生的潛蠅類或其它顯著害蟲存在。黃色黏板水平放置於畦旁，黃色黏膠面向上，每隔 2 m放置一塊，相鄰兩行的黏板位置互相交錯。

1. 誘捕率

於1990年10月22日，11月13日，12月19日與1991年1月16日釋放不同日齡互相混合的成蟲各一批，其中以當日羽化成蟲爲主，參雜有少數日前已羽化者。1991年3月29日及4月5日、12日、25日釋放同日齡成蟲各一批，所釋放成蟲均爲前一夜所羽化，次日一早即予釋放，蟲隻日齡整齊一致，故亦用做成蟲日齡與黏板誘捕率分析。自釋放潛蠅後每隔24小時更換黏板，計算板上黏得斑潛蠅數，統計所有黏得蟲數並加以分析。

2. 日齡與誘捕率的關係

在室溫下，透明壓克力養蟲箱(長×寬×高：57×34×34cm)內放置瓶揷非洲菊葉片以及與田間誘捕試驗相同來源的非洲菊斑潛蠅20對，重覆5次。每日以目測觀察並記錄死亡的蟲數，計算死亡率，以前項試驗中同日齡成蟲釋放後之每日誘捕率(Apparent proportion of trapping）乘以存活率而得眞實誘捕率(Real proportion of trapping)。

3. 性別與誘捕率的關係

誘捕率試驗中使用的黃色黏板於收回後，依據斑潛蠅腹部末端特徵分辨雌雄，雌蟲腹末產

卵管比雄蟲生殖器寬大而顯著，可據以辨別性別，計算不同日齡成蟲雌雄蟲誘捕率。

另於田間逢機採取受害非洲菊葉片於室內放置數日，收集其上斑潛蠅蛹，待成蟲羽化後，統計成蟲性別，並計算性比。此外於25°C養蟲室內以花豆苗株為寄主，累代飼育斑潛蠅，計算其成蟲性比，並比較各不同來源成蟲的性比。

4. 溫度與誘捕率的關係

以釋放後3日內經過死亡率校正的每日眞實誘捕率資料，與當日平均溫度作相關性分析，試驗期間溫度資料由本所氣象資料站提供。

結果與討論

一、黃色黏板有效距離測試

非洲菊斑潛蠅自中心點釋放後，即向四周做短距離爬行或飛行。1小時後在距中心10m 處東、西、南、北四個方位的黃色黏板上均發現成蟲被黏著，其後隨時間增加，較遠的黃色黏板上亦漸發現成蟲。釋放後 4 小時距中心點 20m 處黃色黏板上有黏著的成蟲，8小時後40m處的黃色黏板亦開始發現黏著成蟲。然經24小時任一黏有成蟲的黃色黏板上所黏成蟲總數均在10隻以下，與釋放總蟲數1000隻相較，黏得成蟲比例甚低，故認為黃色黏板上所黏得的斑潛蠅成蟲是因其活動範圍逐漸擴大，至較靠近黏板處始被誘引黏著，黏板對距離10m外的成蟲並不具顯著誘引效果，並因此推測黃色黏板對斑潛蠅有效誘引範圍應在10m以內。

因距離10m以外的黃色黏板對斑潛蠅不具誘引作用，故以下各項誘引試驗所使用黏板間距均小於10m，而於設施內進行之試驗，設施間距離亦保持10m以上，以避免互相干擾。

二、黃色黏板放置密度測試

黃色黏板以 I、II、III、IV 等 4 種間距放置以誘捕成蟲試驗，是分別於四座設施內不同日期進行，每一設施於進行誘捕試驗時，均以逢機掃網所得平均成蟲數作為當時斑潛蠅發生密度的指標，結果10掃網平均蟲數均介於 19.6—23.5 隻間，差異不顯著，表示不同設施內斑潛蠅發生密度並無顯著差異。誘蟲結果則顯示在 4 種間距中，無論黏板放置稀疏或稠密，各個黏板上所得平均蟲數並無顯著差異（表 1）。相同面積設施內黃色黏板誘捕成蟲總數以每畦隔 2 m間距放置時最高，且依黏板放置總數減少而成比例減少。

表1. 黃色黏板以不同密度放置於設施栽植非洲菊上之誘蟲效果

Table. 1. Effectiveness of yellow sticky cards on the trapping of *L. trifolii* in pipehouse gerbera[a].

Treatment[b]	Flies/card	Total no. flies trapped
I	14.6 A[c]	996.8 D
II	14.4 A	481.8 C
III	15.9 A	263.5 B
IV	16.3 A	139.3 A

a) Average number of flies in pipehouses ranged from 19.6 to 23.5 per 10 sweeps.

b) Yellow sticky cards were placed: (I) every 2m on each row, (II) every 4m on each row, (III) every 8m on each row, (IV) every 8m on the 2nd and 4th rows in an enclosed pipehouse.

c) Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

本試驗所測試的最小間距爲每畦每隔2m放置一塊黏板，根據試驗結果的趨勢可以推測，當黏板以小於2m的更緊密間距放置則可能誘捕斑潛蠅的總數會更高，但爲顧及實際施用的可行性，考慮使用黏板過多，將增加成本，消耗較多人力，並可能妨礙田間栽培管理工作的正常進行，故以下誘捕率試驗均以每畦每隔2m放置一黏板進行。

三、誘捕率測定

1. 誘捕率

1990年10月至次年4月，於密閉網室內進行非洲菊斑潛蠅釋放再捕試驗，每次釋放成蟲自824隻至1600隻不等(表2)。於1990年10月至1991年1月間所進行的4次試驗所釋成蟲日齡並不一致，總計釋放蟲數4557隻，第1日有占全數13.3%之蟲隻被誘捕黏著於板上，次日有4.5%被黏著，第3、4日分別有3.1%被黏著。各次試驗的總誘捕率自11.3%至32.2%，平均22.4%。

於1991年3、4月進行4次同日齡成蟲釋放再捕試驗，總計釋放成蟲4607隻，黏板對成蟲的誘捕率以釋放後第1日最高，平均可黏得17.2%，釋放後第2日誘捕蟲數降至5.2%，第3日誘得蟲數少，只得2.9%，第4日黏板誘蟲數更降至1.2%以下(表2)。各次試驗的黏板誘捕率自17.9%至34.6%，平均26.5%。

表2. 黃色黏板誘捕非洲菊斑潛蠅之效果

Table 2. The amounts and proportions of *L. trifolii* flies trapped by yellow sticky cards after released on pipehouse gerberas.

Conditions	Date released	No. flies Released	No. flies trapped on the day after releasing				% of flies trapped
			1 st	2 nd	3 rd	4 th	
Flies of mixed day ages	Oct. 22, 1990	1600	294	52	35	—	23.8
	Nov. 13, 1990	1050	66	45	8	—	11.3
	Dec. 19, 1990	1083	126	75	92	56	32.2
	Jan. 16, 1991	824	138	30	7	8	22.2
	Total	4557	624	202	142	64	
	%		13.3±4.5	4.5±1.5	3.1±2.9	3.1±2.1	22.4±8.5
Flies of the same day age	Mar. 29, 1991	1237	142	33	38	8	17.9
	Apr. 5, 1991	1140	214	34	17	9	24.0
	Apr. 12, 1991	1251	240	117	47	29	34.6
	Apr. 25, 1991	979	190	55	31	12	29.4
	Total	4607	786	239	133	58	
	%		17.2±3.8	5.2±3.1	2.9±1.0	1.2±0.7	26.5±7.2

無論釋放成蟲是混合日齡或相同日齡，誘捕率均以釋放後第1日最高，所黏著成蟲占全數一半以上，第2日即降至第1日之⅓左右，以後各日更少。因斑潛蠅成蟲壽命僅約4日，自第2日

起每日有大量成蟲死亡，不論混合日齡或相同日齡，於釋放4日後黏板捕獲蟲數即低於釋放總蟲數1%，因此於此時停止繼續誘捕試驗。於4日期間全部被誘捕蟲數在混合日齡與相同日齡分別爲22.4%與26.5%，兩者間並無統計上差異（$p \leq 0.05$）。

2. 日齡與誘捕率的關係

依據成蟲死亡率測驗，試驗所用的成蟲釋放當日無死亡，次日起每日累積死亡率依次爲44.4%、71.2%、92.1%、98.4%（表3）。以此斑潛蠅自然死亡率數值爲依據，計算被黏板誘捕各日齡成蟲數占當時存活蟲數之比率，作爲〝眞實誘捕率〞。眞實誘捕率因經蟲隻自然死亡率的校正，故可顯示黏板對不同日齡成蟲誘捕能力的高低。因爲牽涉至日齡間的比較，故眞實誘捕率的計算完全是以相同日齡成蟲釋放的資料爲依據。

第1日齡成蟲因死亡率爲0%，眞實誘捕率與尚未經過校正時所顯示的表面誘捕率相同，仍爲17.2%，2日齡成蟲眞實誘捕率爲9.4%，3日齡之眞實誘捕率爲10.1%，4日齡則爲15.2%（表3）。

表3顯示黃色黏板對1日齡成蟲誘捕能力較高，對2、3日齡成蟲逐漸降低，然而第1日齡與2、3日齡誘捕率的差距已因死亡率的校正而比表面誘捕率所顯示者縮小，甚且2日齡與3日齡的眞實誘捕率幾近相同，差距不及1%。釋放4日後成蟲於田間的存活率僅約7.9%，此時仍有15.2%蟲隻被誘至黏板上，但因總存活蟲數少，誤差的可能性較高，可能是導致誘捕率反比2、3日齡增加的原因。

表3. 黃色黏板對不同日齡非洲菊斑潛蠅成蟲誘捕效果

Table 3. The apparent and real proportions of *L. trifolii* flies trapped by yellow sticky cards on pipehouse gerberas.

Days after releasing	Apparent % of flies trapped[a]	Accumulated natural mortality (%)	Real % of flies trapped[b]
1	17.2	0.0	17.2
2	5.2	44.4	9.4
3	2.9	71.2	10.1
4	1.2	92.1	15.2
5	…	98.4	…

a). A total of 4607 flies were used in 4 releasings.

b). Estimated % adjusted by natural mortalities.

3. 性別與誘捕率的關係

自相同日齡成蟲的釋放試驗中每日齡雌雄成蟲的被誘捕率可以看出，被捕的各日齡成蟲性別間差異以首日者相差最明顯，雌蟲占4.6%，雄蟲占12.6%，此時雌／雄性比僅0.37（圖1），2日齡成蟲被誘捕數已大爲減少，此時雌雄蟲比例縮小爲雌蟲占1.9%，雄蟲占3.3%，性比爲0.58。3、4日齡成蟲被誘捕的雌蟲數間已無差異，分別爲3日1.5%與1.4%，性比1.07。第4日0.7%與0.6%，性比1.17。於釋放後4日期間總計4607隻成蟲中有26.4%會被誘至黏板上，當分別統計性別後，發現其中雌蟲只占總釋放蟲數的8.6%，雄蟲則占17.8%，平均性比爲0.48。

當黃色黏板放置於自然被害的非洲菊園中誘捕成蟲，在7次試驗中黏板上黏得成蟲雌／雄

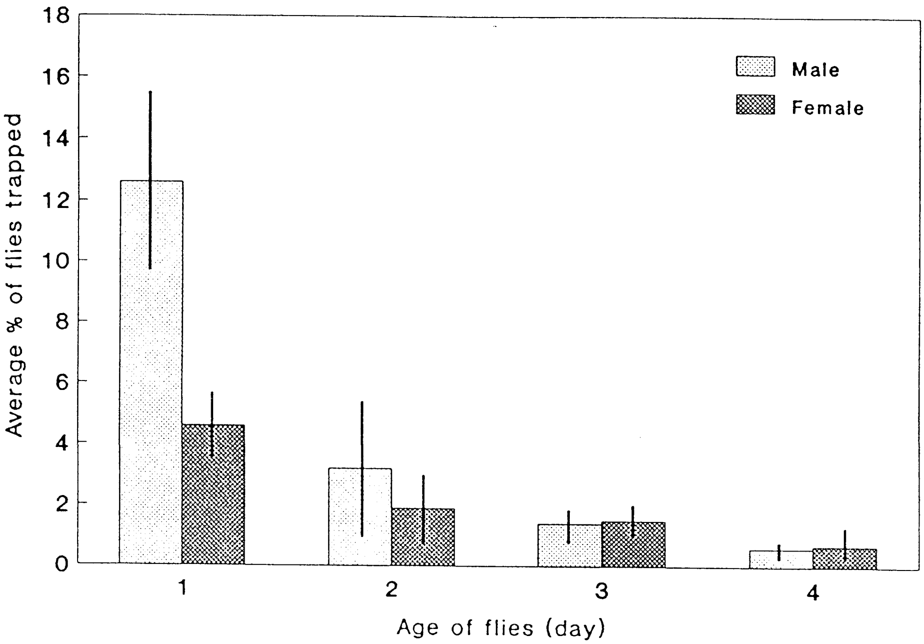


圖1. 黃色黏板對不同日齡雌雄非洲菊斑潛蠅成蟲誘捕率比較.

Fig. 1. Male and female flies of *L. trifolii* at various day ages trapped by yellow sticky cards. (Mean ± SD)

性比自0.31至0.87，平均爲0.52，因每次黏得的總蟲數相差頗大，故以每次捕得總蟲數爲各次性比值的比重值計算，則加權平均性比值爲0.53（表4），頗近似於上述相同日齡成蟲釋放試驗所得的數值。在田間自然受害的非洲菊葉片上逢機採得的幼蟲，羽化而出成蟲的雌／雄比值自0.69至1.11，平均爲0.89，加權平均性比0.90。養蟲室內25°C定溫下以花豆幼株累代飼育所得成蟲的雌／雄比值自0.70至1.28，平均爲1.03，加權平均性比0.94。

自田間所採幼蟲與室內飼養所得的成蟲性比應當是比較接近自然存在族群的性比，相較之下，無論用黏板誘捕被害田成蟲的性比0.53，或釋放成蟲後黏得成蟲的性比0.48均屬偏低，亦即使用黃色黏板於一族群中誘得雌蟲的比例低於其存在的比例。性別間差異顯示黏板對斑潛蠅兩性成蟲的誘引力並不相同，相同環境下雄蟲較易被黃板所誘引，尤以初羽化的1日齡蟲爲然，隨成蟲日齡增加而雌雄間差異漸消失。

4. 溫度與誘捕率的關係

每次釋放試驗所得的每日眞實誘捕率並不一致，釋放3日內每日的誘捕率自2.6%至39.5%。日平均溫度則自14°C至24.9°C。將黏板對斑潛蠅成蟲的眞實誘捕率與當日平均溫度做線性相關分析的結果，兩者間相關係數 r＝—0.25，並無明顯相關。溫度影響昆蟲活動能力，因此試驗前作者認爲溫度可能會影響黃色黏板對斑潛蠅誘捕率，然而結果顯示在本試驗的溫度範圍內，兩者間並無關連。

黃色黏板黏得斑潛蠅成蟲，主要是受黃色誘引而來，亦有部分是在偶然機會中無意觸及黏板而被捕，此方面誤差對黃色黏板在田間使用效果並無實質影響，因此在做各項誘捕試驗時並未予以特別分離出來討論。此外爲考慮田間實際上大規模操做的可能性，誘捕率試驗中使用的

表4. 不同來源非洲菊斑潛蠅之性比

Table. 4. The sex ratios of *L. trifolii* from various sources.

Sources of adults	No. adults	Sex ratio (♀/♂)
Trapped on yellow sticky cards	220	0.39
	642	0.31
	896	0.67
	1395	0.87
	1661	0.51
	2377	0.39
	2450	0.50
	Total 9641	Avg. 0.52±0.19
		Weighed 0.53
Emerged from larvae collected in gerbera field	185	0.69
	521	1.11
	551	0.92
	704	0.96
	1018	0.78
	Total 2979	Avg. 0.89±0.16
		Weighed 0.90
Laboratory reared	302	1.05
	312	0.88
	313	1.05
	485	1.20
	510	0.70
	521	1.00
	610	1.28
	633	0.98
	996	1.11
	Total 4682	Avg. 1.03±0.17
		Weighed 0.94

最小黏板間距爲每畦每隔 2 m放置一塊，在能力許可範圍下，較 2 m更小的間距將可預期有更高的誘捕率，誘捕得總蟲數會增加，但亦可能增加操作的困難，使實用性降低。

根據觀察非洲菊斑潛蠅成蟲於葉面吸食及產卵所造成的爲害，對植物的影響不及幼蟲在葉片組織內鑽食所造成者嚴重，因此直接關係植株被害程度的是幼蟲數目而非成蟲數目。雌蟲產卵數決定幼蟲數目的多寡，因而與雄成蟲相較，雌成蟲數目與田間被害程度關係較密切。雄蟲的作用則於族群密度低時可能較顯著，因雌蟲交尾一次即可終生產受精卵，當斑潛蠅族群密度低至相當程度，雌雄蟲因個體少，相遇而交尾機會較少，此時使用黏板誘捕使雄蟲數目再降低，較易對雌蟲正常交尾發生影響，甚至因而影響族群正常繁衍能力。但當族群密度高時，雄蟲減少對雌蟲交尾的障礙比較有限，對於次代幼蟲數目或是族群的繁衍較無直接關連。

設施內非洲菊使用黃色黏板，可以減少相當數目的非洲菊斑潛蠅成蟲，尤其當斑潛蠅發生嚴重時，往往在短短數小時內一塊黏板上即布滿成蟲，誘殺效果良好。試驗亦證實設施內每畦

每隔 2 m放置一塊黏板可以減少11.5—34.6%的成蟲，然而在分析黏著成蟲的性比後發現，其對雌蟲誘引效果低於雄蟲，誘得雌蟲僅及雄蟲的半數，故實際效果將不如黏板表面上黏得蟲數般顯著。成蟲數目減少的比例固可做爲防治效果的參考數據，然而實際可發揮的防治效果尙受其它許多因素左右，諸如族羣存在密度、寄主植物種類、幼蟲當時發育速度等均影響作物確實的損害減輕程度，不同環境條件下使用黃色黏板後顯現於不同作物上的防治效果，並無法一概以成蟲數目的減少而直接顯示。

參考文獻

1. 王清玲．1988．臺灣新侵入之園藝作物害蟲簡介．中華昆蟲特刊第二號．果樹害蟲綜合防治研討會：145—153頁。

2. 林鳳琪，王清玲．1989．非洲菊斑潛蠅之田間偵測．中華昆蟲特刊第四號．蔬菜害蟲綜合防治研討會：59—69頁。

3. Calabretta, C. & V. Firullo. 1983. Integrated control and prospects of success against *Liriomyza trifolii* (Burg.) on protected crops in the Ragusa district. Atti XIII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia. pp. 197—204. (Abst.)

4. Chandler, L. D. 1987. Evaluation of Yellow trap sizes and within-field densities for monitoring *Liriomyza trifolii* in bell peppers. Southwest Entomol. 12(3) : 245—251.

5. Frijters, A. J. M., P. J. M. Minkenberg, J. Woets & W. J. Ravensberg. 1986. *Chrysocharis parksi* in commercial greenhouse for the biological control of leafminer, *Liriomyza bryoniae* and *L. trifolii,* on tomatoes; case studies and sampling technique. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent, 51/3a : 987—997.

6. Herbert. H. J., R. F. Smith & K. B. McRae. 1984. Evaluation of non-insecticidal methods to reduce damage to chrysanthemums by the leafminer *Liriomyza trifolii* (Diptera:Agromyzidae). Canadian Entomologist 116 (9) : 1259—1266.

7. Nucifora, A. & V. Vacante. 1982. Preliminary results of integrated control based on the use of yellow chromotophic traps in glasshouses. Integrated crop protection. Proceedings of a symposium held at Valence, France in 1980. pp. 299—315. (Abst.)

8. Nucifora, A. & C. Calabretta. 1985. The state of integrated supervised control of insects in protected vegetables in Sisily. Bull. SROP 8(1) : 15—18.

9. Parrella, M.P. & V. P. Jones. 1985. Yellow traps as monitoring tools for *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in chrysanthemum greenhouses. J. Econ. Entomol. 78 : 53—56.

10. Robin, M.R. & W.C. mitchell. 1987. Sticky trap for monitoring leafminers *Liriomyza sativae* and *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) and their associated Hymenopterous parasites in watermelon. J. Econ. Entomol. 80(6) : 1345—1347.

11. van de Veire, M. & V. Vacante. 1984. Greenhouse whitefly and leaf miner control by the combined use of the colour attraction systym with the parasite wasp, *Encarsia formosa* (Gahan). Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent 1984. 49(1) : 107—114.

12. Wang, C.L. & F.C. Lin. 1988. A newly invaded insect pest *Liriomyza trifolii* (Diptera:Agromyzidae) in Taiwan. Jour. Agric. Res. China 37(4) : 453—457.

13. Yathom, S., R. Marcus, M. Chen, & S. Tal. 1988. Comparison of different positions and heights of yellow sticky traps for sampling populations of the leafminer *Liriomyza trifolii.* Phytoparasitica. 16 (3) : 217—224.

14. Zoebisch, T. G. & D. J. Schuster. 1990. Influence of height of yellow sticky cards on captures of adult leafminer *(Liriomyza trifolii)* in staked tomatoes. Florida Entomol. 73 (3) : 505—507.

Trapping efficiency of yellow sticky cards for the serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess) on gerbera[1]

C. L. Wang. and F. C. Lin[2]

Summary

Yellow sticky cards did not show the attractant effect on flies of *Liriomyza trifolii* (Burgess) from 10m away. The average numbers of flies/card were statistically the same when cards were placed on rows of gerberas at 2m, 4m or 8m intervals in pipehouses for 24 hours, and the number of flies trapped in each pipehouse was proportional to the number of sticky cards placed. In an enclosed pipehouse, yellow sticky cards (15×20cm) placed horizonally on each gerbera planting row at 2m intervals could trap from 11.3% to 34.6% , in average of 22.4—26.5% of the flies within 4 days of releasing. The trap was more attractant to the 1-day-flies than the older ones. As the newly emerged flies were released on pipehouse gerberas, about 17.2%, 9.4%, 10.1% of the living 1, 2, 3 days old flies were trapped, respectively. The female/male sex ratio of flies on cards was 0.48−0.52; while it of flies emerged from field-collected larvae and insectary-reared larvae were 0.89 and 1.03, respectively. Difference in sex ratio was more pronounced for the newly released young flies than several days old flies. The sex ratio of 1 day old flies was 0.37, of 2 days old flies was 0.58, of 3 and 4 days old flies were 1.07 and 1.17, respectively. The trapping efficiency was not affected by daily average temperatures ranged from 14 to 25C.

Key words : *Liriomyza trifolii* (Burgess), yellow sticky cards, gerbera, trapping.

1. Contribution No. 1609 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Associate Entomologist and Research Assistant, Department of Applied Zoology, TARI, Wufong, Taichung, Taiwan, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 41(1):70～78 (1992)

陡坡地芒果園百喜草覆蓋及敷蓋之研究[1]

鄭 慶 生[2]

摘要：本試驗之目的在比較陡坡地芒果園百喜草不同覆蓋及敷蓋方式對水土及地表養份流失、土壤理化性質和芒果生育等影響情形，以明瞭百喜草覆蓋及敷蓋方法在陡坡地芒果園中之坡度限制及其水土保持效益，並確立陡坡地芒果園最經濟有效的水土保持方法，期提供陡坡地芒果園土壤管理和保育設計參考作爲推廣之依據。本試驗包括四個處理：(一)百喜草全園覆蓋及敷蓋；(二)百喜草帶狀覆蓋及敷蓋；(三)清耕區；(四)對照區（未種植芒果）。茲將試驗結果摘要如下：

(一)各處理水土流失測定結果均以百喜草全園覆蓋及敷蓋處理區較低，百喜草帶狀覆蓋及敷蓋處理區次之，二者之間差異不顯著，而以清耕區及對照區較高，均與前二處理區呈極顯著的差異。各處理地表逕流水中養份流失量和各處理水土流失量大小趨勢相同。逕流水中養份濃度以施肥後較高。

(二)根據土壤團粒體積中數粒徑、分散率、飽和導水率、假比重、孔隙率、滲透率及保水特性等各項測定結果顯示：百喜草覆蓋部份之土壤物理性較佳。土壤有機質含量以百喜草覆蓋部份較高，土壤交換性鉀及有效磷含量則以百喜草敷蓋部份較高。清耕區及對照區土壤理化性均較差，因水土及養份嚴重流失所致。

(三)旱季各處理土壤水分測定結果，以百喜草敷蓋部份較高，清耕區及對照區較低。雨季各處理土壤水分含量則以百喜草覆蓋部份較高，仍以清耕區及對照區較低。

(四)百喜草全園或帶狀覆蓋及敷蓋處理區之覆蓋情形良好，覆蓋率均達90%以上。

(五)各處理芒果生育調查結果，以百喜草帶狀覆蓋及敷蓋處理較佳，清耕區較差。

(六)綜上所述，在與本試驗各項條件近似的25°陡坡地芒果園於山邊溝間距範圍內採用百喜帶狀覆蓋及敷蓋處理，兼具覆蓋與敷蓋的優點，能有效控制水土及養份流失，減少旱季土壤水分之蒸發，且有利於土壤理化性質之改善及芒果之生育，爲理想的陡坡芒果園經濟有效的水土保持方法。

關鍵詞：陡坡地、芒果園、百喜草、覆蓋、敷蓋

近年來臺灣人口不斷增加，經濟快速成長，都市化迅速發展，致有限的平地利用已近飽和，山坡地正積極開發利用中。山坡地利用於農業生產面積不少，且有逐漸向陡坡地進行開發趨勢。陡坡地由於地勢陡峻，在開發後破壞原有生態平衡，如未配合適當的水土保持措施，必引起極嚴重的土壤流失，造成鉅大災害，故宜因地制宜，實施適當的水土保持措施，方能減緩或防止加速沖蝕進行。

芒果爲臺灣重要水果之一，大部份栽植於緩坡地，亦有逐年向陡坡地栽植之趨勢。在陡坡地芒果園水土保持方法應採用平臺階段，但在土壤淺薄地區，開發初期心土裸露，產量降低，而且平臺階段構築及維護費用高，無法適用農機作業，採收搬運及管理作業費工等均爲其缺點，在目前勞力缺乏，

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1610 號，本研究承農委會計畫經費補助及國家科學委員會獎助，謹此致謝。
2. 本所鳳山熱帶園藝試驗分所助理研究員。臺灣省　高雄縣　鳳山市。

工資昂貴的現代坡地農村，似乎不易被農民接受，故需探求省工、簡易、經濟有效的水土保持方法，提供農民推廣之依據。

根據多項試驗證明，覆蓋作物與敷蓋配合山邊溝處理能有效的控制坡地水土流失，且能維持或增進地力，符合現代坡地果園省工經營的原則，爲經濟有效的水土保持方法之一[3,4,5,11,15,16]。覆蓋作物中又以百喜草最佳，被認爲是目前最優良的水土保持覆蓋作物，惟這些試驗資料絕大部份來自緩坡地，有關陡坡地的試驗研究資料甚感缺乏。坡地上利用百喜草帶狀覆蓋及敷蓋之處理，兼具覆蓋與敷蓋之優點[6,8]，如能用於陡坡地，或許不失爲良好方法，但其效果如何？尚待研究。又筆者等在「陡地果園覆蓋作物與敷蓋觀察」試驗中，認爲陡坡地果園以採用百喜草全園覆蓋防止沖蝕效果極佳[1]，惟其對主作物養，水分競爭及土壤理化性之影響有待進一步探究。爲探求陡坡地芒果園經濟有效的水土保持方法以替代平臺階段，特選取百喜草爲覆蓋作物並比較其不同覆蓋及敷蓋方式之水土保持效益，如百喜草覆蓋及敷蓋方法對水土流失控制效果，對土壤水分和土壤理化性影響及在陡坡地芒果園中應用之坡度限制等等，期確立陡坡地芒果園水土保持方法，以提供坡地土壤保育及管理之參考資料並作爲推廣之依據。

材料與方法

本試驗於民國72年7月在鳳山熱帶園藝試驗分所25°西向粘質壤土之坡地上設區。供試主作物爲海頓種芒果，採逢機完全區集設計，四處理二重複，共計八小區，小區面積 3m×15m＝45m²，除對照區不種植果樹外，每小區種植芒果三株，行株距 5m×3m。各小區端築有山邊溝一條以截洩逕流，第一重複下端設有水土流失觀測池四組，觀測各處理水土流失情形，四個處理爲：

(A)百喜草全園覆蓋及敷蓋（Covering and mulching with bahia grass）：全園種植百喜草，行株距 20cm×20cm，三角形種植，生長達30公分以上時，割草敷蓋於樹冠下，年割草2—4次。以下簡稱A處理。

(B)百喜草帶狀覆蓋及敷蓋（Stripping and mulching with bahia grass）：在芒果行列之間以 20cm×20cm 之行株距栽植13行百喜草，成約 2.5m 寬的條帶，草帶間行刈草敷蓋，百喜草生長達30公分以上時年割2—4次，敷蓋於芒果樹下2.5公尺寬之帶狀部份。以下簡稱B處理，又以覆蓋部份簡稱 B_1 處理，敷蓋部份簡稱 B_2 處理。

(C)清耕區（Clean cultivation）：小區種植芒果，全面行人工除草。以下簡稱C處理。

(D)對照區（Check）：小區不種植芒果，全面行人工除草，以下簡稱D處理。

調查分析項目包括：逕流量、土壤流失量、逕流水中養份含量、土壤水分含量、覆蓋率、土壤理化性、土壤滲透率、土壤飽和導水率、土壤團粒體積中數粒徑、土壤保水特性及芒果生育等。

結果與討論

(一)水土流失測定

本試驗在百喜草全面覆蓋後，以水土流失觀測池同時測定各處理逕流量及土壤流失量，然後將測得各處理年逕流量與年土壤流失量分別經變方分析結果顯示：各處理間差異均達顯著標準，各處理對小區逕流量及土壤流失量之影響如下表：

表1. 各處理對逕流量及土壤流失量之影響

Table 1. Effects of various treatments on runoff and soil loss

處 理 Treatment	逕 流 量 Runoff (mm/yr)	土壤流失量 Soil loss (kg/45m²/yr)
A	31.2 a*	0.81 a
B	39.7 a	1.42 a
C	601.5 b	208.56 b
D	667.6 b	229.49 b

* 鄧肯氏新多種變域分析，若英文字母相同者在5%水準不顯著。
Means in each column with the same letter are not significantly different at 5% level (Duncan's New Multiple Range Test)

由上表知各處理年逕流量及年土壤流失量均以A處理區較低，B處理區次之，二者之間差異未達顯著標準，而以C、D處理區較高。未實施水土保持處理的淸耕區及對照區其水土流失量相當大，尤其土壤流失最嚴重，若繼續進行，終將無土可耕。而經百喜草全園覆蓋及敷蓋或百喜草帶狀覆蓋及敷蓋處理後，確能有效控制水土流失，使水土流失量大爲降低，尤其對防止土壤沖蝕效果更顯著，此乃百喜草密接地表可阻截雨滴打擊，降低逕流速度，過濾土壤，其根系在地表30公分內密佈，網結土壤力強，抗蝕性增加，雨季時大量葉片蒸散有助於土壤水分的減少，使地表入滲能量增加，且百喜草覆蓋後土壤保水力及滲透率增加等效果，故水土流失相對減少。

㈡逕流水質分析

在每次水土流失測定時採集各處理之水土流失樣品，經過濾後測定逕流水中養份濃度，再計算各處理小區年逕流水中養份之含量，所得結果經變方分析結果各種元素之處理間差異均達顯著標準，各處理逕流水中養份流失量如表2：

表2. 各處理逕流水中養份流失量

Table 2. The nutrient losses in runoff water under various treatments

處 理 Treatment	逕流水要素 Runoff water constituents (g/45m²/yr)								
	NO_3-N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
A	20.3 a*	7.69 a	40.2 a	20.6 a	5.26 a	0.06 a	2.12 a	4.12 a	0.28 a
B	20.6 a	7.83 a	48.2 a	21.4 a	4.83 a	0.05 a	2.31 a	4.31 a	0.39 a
C	248.6 b	35.4 b	410.4 b	360.8 b	92.4 b	5.93 b	57.4 b	57.4 b	8.22 b
D	245.8 b	36.8 b	412.5 b	350.8 b	94.3 b	5.63 b	59.3 b	59.3 b	9.45 b

* 鄧肯氏新多種變域分析，若英文字母相同者在5%水準不顯著。
Means in each column with the same letter are not significantly different at 5% level (Duncan's New Multiple Range Test)

由上表知各處理年逕流水養份流失量以A處理區較低，B處理區次之，二處理間差異不顯著，而以C處理區和D處理區較高，故在陡坡地百喜草全園或帶狀覆蓋及敷蓋處理能有效的減少養份隨逕流水流失。各處理逕流水中養份流失情形和各處理逕流量大小趨勢相近。據二年來測定資料顯示，各處理在發生大的逕流量或在施肥後，流失的養份較多，亦即當遇上降雨強度或降雨量大的降雨，養份必隨逕流嚴重流失，可做爲陡坡地土壤管理的參考。

㈢土壤水分含量測定

在乾旱季節約每月採取各處理小區土壤樣品一次（採取深度20公分）共計二十四次，以烘乾法測定土壤水分含量。另在雨季當降雨停止後以上述方法採取土壤樣品十次測定各處理土壤水分含量，以比較各處理間土壤水分差異情形。將所得資料分別經變分析結果各處理間差異均達顯著標準。各處理土壤水分含量如表3：

表3. 各處理土壤水分含量

Table 3. Soil moisture contents in plots under various treatments

處理 Treatment	土壤水分含量 Soil moisture contrnt (%)	
	旱季 Dry season	雨季 Wet season
A	12.8 b*	23.5 a
B_1	13.2 b	23.6 a
B_2	15.9 a	20.4 b
C	10.2 c	18.1 c
D	10.3 c	18.2 c

* 鄧肯氏新多種變域分析，若英文字母相同者在5%水準不顯著。
Means in each column with the same letter are not significantly different at 5% level (Duncan's New Multiple Range Test)

由上表知旱季各處理土壤水分含量以 B_2 處理區較高，與其他處理間差異顯著，A及 B_1 處理區次之，C及D處理區較低，因敷蓋處理可減少土壤水分的蒸發，故土壤水分含量較高，而百喜草覆蓋雖本身有蒸散作用，但與清耕區或對照區相較，因土壤有機質含量較高等因素之影響，故土壤水分含量較高。雨季土壤水分含量係在降雨停止後測定，主要在比較各處理土壤涵養水分能力，各處理以A及 B_1 處理區較高，而以C及D處理區較低，百喜草覆蓋之土壤保水能力較強外，茂密的根系亦增加土壤水分的保持效能，故降雨後之土壤水分含量較高，間接減少逕流量。

㈣覆蓋率調查

每三個測定百喜草全園覆蓋及敷蓋和百喜草帶狀覆蓋及敷蓋二處理區之覆蓋情形 ， 其結果如下表：

4. 各處理地面覆蓋率 (%)

Table 4. The cover rates under various treatments (%)

測定日期 Measurement date	處 理 Treatmnent	
	A	B
Mar. 31. 1984	92	91
Jun. 30. 1984	100	98
Sep. 30. 1984	96	94
Dec. 31. 1984	97	90
Mar. 31. 1985	95	92
Jun. 30. 1985	99	96
Sep. 30. 1985	98	96
Dec. 31. 1985	98	93
Mar. 31. 1986	97	95
Jun. 30. 1986	98	97
Sep. 30. 1986	97	95
Dec. 31. 1986	96	92
Mar. 31. 1987	97	94
Jun. 30. 1987	100	97
Sep. 30. 1987	99	97
Dec. 31. 1987	97	92

上表顯示：百喜草全園或帶狀覆蓋及敷蓋其覆蓋情形甚佳，均達90%以上，不但其覆蓋率高，且與地面密接，故能有效的減少水土流失量。

㈤土壤化學性質測定

據表1及表2所示，各處理之水土及養份流失量差異顯著，其土壤化學性可能隨之改變，故在試驗期間按時採取土壤樣品，分別按1：1水土比例測定土壤 pH 值，以重鉻酸鉀法測定土壤有機質含量，以中性醋酸銨法測定土壤交換性鉀含量，以白雷氏第一法測定土壤有效磷含量(9,13)僅將試驗前後各處理土壤化學性測定結果列於表5：

表5. 試驗前後各處理土壤化學性質比較

Table 5. Comparison of soil chemical properties before and after the exeperiment

處　理 Treatment	pH 值 pH-value		有機質 Organic matter (%)		有效態 P_2O_5 Available P_2O_5 (kg/ha)		有效態 K_2O Exchangeable K_2O (kg/ha)	
	1984	1988	1984	1988	1984	1988	1984	1988
A	4.61 a*	4.61 a	2.08 a	2.23 a	28.2 a	26.8 b	159 a	126 b
B_1	4.60 a	4.62 a	2.03 a	2.21 a	29.7 a	25.2 b	165 a	122 b
B_2	4.62 a	4.61 a	1.92 a	1.90 a	30.1 a	42.9 a	175 a	278 a
C	4.56 a	4.41 a	1.81 a	1.38 b	28.2 a	26.2 b	172 a	132 b
D	4.49 a	4.44 a	1.83 a	1.28 b	29.8 a	25.2 b	176 a	128 b

* 鄧肯氏新多種變域分析，若英文字母相同者在5%水準不顯著。
Means in each column with the same letter are not significantly different at 5% level (Duncan's New Multiple Range Test)

根據上表知：(1)土壤 pH 值：試驗前後土壤 pH 值，各處理間差異均不顯著，惟百喜草全園覆蓋及敷蓋或帶狀覆蓋及敷蓋處理之土壤 pH 變化很小，而清耕區或對照區土壤 pH 值有降低現象。(2)土壤有機質含量：在試驗初期（1984年），土壤有機質含量各處理間差異不顯著，而試驗末期（1988）各處理間差異已達顯著標準，以A及 B_1 處理區較高，D處理區較低。百喜草覆蓋處理有利於增加土壤有機質含量至相當數值，百喜草敷蓋部份有機質含量變化甚少，惟清耕區及對照區則因水土流失嚴重，土壤有機質含量呈降低現象。(3)土壤有效磷：試驗初期，土壤有效磷含量，各處理間差異不顯著，而在試驗末期，各處理間差異已達顯著標準，而以 B_2 處理區較高，其他處理區較低。土壤有效磷含量除百喜草敷蓋處理有增加現象外，均有降低現象，惟變化不大，此結果與一般認爲土壤有效磷不易流失觀點甚吻合。(4)土壤交換性鉀：在試驗初期，土壤交換性鉀含量，各處理間差異不顯著，而試驗末期，各處理間差異已達顯著標準，以 B_2 處理區較高，其他處理區較低。除百喜草敷蓋可增加土壤交換性鉀含量外，百喜草覆蓋處理區及清耕和對照區均有降低現象，百喜草在不施肥情況下，仍需消耗大量鉀肥，而清耕區及對照區土壤交換性鉀含量則隨水土流失而逐漸降低。

㈥土壤物理性測定

各水區經不同水土保持處理後，在覆敷與敷蓋影響下之土壤物理性經測定結果如表6：

表6. 各處理土壤物理性質測定

Table 6. The physical properties of the soil under various treatments

處理 Treatment	體積中數粒徑 Median diameter (mm)	導水率 Hydraulic conductivty (cm/min×10^{-2})	假比重 Bulk specific gravity	分散率 Dispersion ratio (%)	孔隙率 Porosity
A	5.74 a*	2.96 a	1.38 a	39.2 a	47.9 a
B_1	5.82 a	3.12 a	1.39 a	40.1 a	48.1 a
B_2	0.38 b	1.25 a	1.47 b	42.1 a	44.9 a
C	0.31 b	0.47 b	1.49 b	47.3 b	42.6 b
D	0.29 b	0.42 b	1.52 b	48.4 b	41.4 c

* 鄧肯氏新多種變域分析，若英文字母相同者在5%水準不顯著。
Means in each column with the same letter are not significantly different at 5% level (Duncan's New Multiple Range Test)

1. 土壤團粒體積中數粒徑（Median diameter of soil aggregate）：各處理土壤樣品以多重溼篩法[14]測定土壤團粒體積中數粒徑，據表6所示：百喜草覆蓋之 B_1 及A處理區土壤團粒體積中數粒徑較大，顯示土壤團粒較穩定，可增大土壤孔度，促進土壤通氣及透水性，減少逕流量。

2. 土壤導水率（Hydraulic conductiviy）：以直徑7公分高7.6公分之取樣筒在田間取樣，再以定水頭法[2]測定土壤飽和導水率，由表6所示：百喜草覆蓋之 B1 及A處理區土壤飽和導水率較高，此與土壤滲透率測定結果一致。

3. 土壤假比重（Bulk specific gravity）及孔隙率（Porosity）由表6知，各處理土壤假比重及孔隙率均以百喜草覆蓋的 B_1 及A處理區較佳，有利於土壤水分的保持。

4. 土壤分散率（Soil dispersion ratio）：由表6知，各處理土壤分散率以百喜草覆蓋之 B_1 及A處理區及以百喜草敷蓋之 B_2 處理區較低，亦即顯示百喜草覆蓋或敷蓋處理抵抗土壤沖蝕力較大。經測定試區土壤分散率與土壤有機質之相關關係，其相關係數 $r=0.95^{**}$，呈極顯著的負相關。

由上述各項測定結果知，各處理間土壤團粒體積中數粒徑、飽和導水率、假比重、孔隙率、分散率之差異均達顯著標準，而以百喜草覆蓋區土壤物理性較佳。

(七)土壤保水特性測定

在試驗末期測定各處理土樣的微管勢能在1/3、1、5、10、15Bar 時之土壤水分含量，以期瞭各處理土壤保持水分能力。各處理測得之各種微管勢能土壤水分含量分別經變方分析結果各處理間差異均未達顯著標準，可能採用調製土樣測定與自然土樣不同而誤差較大所致。僅將各處理測定結果列於下表以供參考。

表7. 土壤水分含量與微管勢能之關係

Table 7. Relationship between soil moisture content and capillary potential

微管勢能 Caplillary potential (Bars)	土壤水分含量 Soil moisture content (%)				
	A	B_1	B_2	C	D
1/3	27.0	26.9	27.6	25.7	25.3
1	18.4	18.4	19.0	17.4	16.9
5	13.9	13.9	14.0	12.9	12.9
10	10.8	10.5	11.0	10.1	9.89
15	9.04	8.90	9.05	8.41	8.32
有效水分 Available water (%)	18.0	18.0	18.6	17.3	17.0

由表7知微管勢能在 1/3 Bar 時之保水能力以百喜草覆蓋或敷蓋的 B_2、A 及 B_1 處理區較高，C及D處理區較低。微管勢能在 15 Bar 時之保水能力亦以百喜草覆蓋或敷蓋的 B2、A 及 B1 處理區較高，C及D處理區較低。各處理1/3及 15 Bar 兩種微管勢能所含水量之差即有效水分，亦以百喜草覆蓋或敷蓋處理之 B_2、B_1 及A處理區較高，C及D處理區較低。故陡坡地芒果園經百喜草覆蓋及敷蓋處理後保水能力增加，可降低逕流量，減少土壤沖蝕。

(八)土壤滲透測定

試驗末期採用圓筒法[6]在田間測定各處理區土壤滲透，本試驗區土壤滲透在5小時後漸趨穩定，故以5小時計算各處理區滲透量，並以最初半小時之測定值計算最初滲透率，以第5小時之測定值計算最末滲透率，測定結果如表8：

表8. 土壤滲透量及滲透率測定結果

Table 8. Infiltration capacity and infiltration rate of the experimental soil

處 理 Treatment	滲 透 量 Infiltration capacity (cm/5hr)	最 初 滲 透 率 Initial infiltration rate (cm/hr)	最 終 滲 透 率 Final infiltration rate (cm/hr)
A	51.1 a*	16.1 a	6.1 a
B_1	52.2 a	16.3 a	6.2 a
B_2	27.1 b	8.5 b	3.9 b
C	16.8 c	4.7 c	2.0 c
D	15.5 c	4.5 c	1.9 c

* 鄧肯氏新多種變域分析，若英文字母相同者在5%水準不顯著。
Means in each column with the same letter are not significantly different at 5% level (Duncan's New Multiple Range Test)

據上表所示：土壤滲透量，最初和最終滲透率均以 B_1 及A處理區較高，B_2 處理區次之，C及D處理區較低，此與其他土壤物理性測定結果一致。百喜草茂密的根系當老化後在土壤中腐爛可增大土壤孔度及提高土壤有機質含量，利於土壤團粒的生成，故百喜草覆蓋處理可改善土壤滲透。

(九)芒果生育調查

芒果於民國72年7月種植，當時樹高111—123公分，幹圍6.1—6.5公分，經四年後調查各處理之樹冠直徑、樹高及幹圍，結果列於表9：

表9. 芒 果 生 育 調 查

Table 9. Investigatin of mango growth

處 理 Treatment	項 目 Item		
	樹 高 Height (cm)	幹 圍 Trunk diameter (cm)	冠 徑 Grown diameter (cm)
A	281 a*	35.4 a	285 b
B	274 a	36.4 a	312 a
C	254 b	33.7 b	267 c

* 鄧肯氏新多種變域分析，若英文字母相同者在5%水準不顯著。
Means in each column with the same letter are not significantly different at 5% level (Duncan's New Multiple Range Test)

由上表知各處理芒果樹高、幹圍、冠徑均以C處理區較差。陡坡地芒果園採用百喜草全園覆蓋及敷蓋或帶狀覆蓋及敷蓋後較清耕區可以大量降低水土及養份流失，防止土壤劣化，故芒果生育較佳。而百喜草帶狀覆蓋及敷蓋處理芒果生育又較百喜草全園覆蓋及敷蓋爲佳，尤以樹冠直徑差異達顯著標準，可能與根系擴展範圍有關，有待進一步探究。

結　論

根據各項測定資料顯示：25°陡坡地芒果園未實施水土保持處理最嚴重的問題爲水土流失及土壤劣化，經百喜草全園覆蓋及敷蓋處理或百喜草帶狀覆蓋及敷蓋處理後，確能有效控制水土及養份流失，並可改善土壤性質，爲理想的水土保持方法，而百喜草帶狀覆蓋及敷蓋處理在減少旱季土壤水分蒸發及對土壤理化性的改善和芒果生育影響較百喜全園覆蓋及敷蓋處理爲佳。故在與本試驗各項條件近似的25°陡坡地芒果園可採用百喜草帶狀覆蓋及敷蓋處理，兼具覆蓋與敷蓋之優點，配合實施山邊溝有利於農機操作，符合經濟原則，甚適合於現代化省工經營的陡坡地果園，爲一種經濟有效的水土保持方法。

參考文獻

1. 王孝才、張雙滿、程仲武、鄭慶生・1975・陡坡地果園覆蓋作物與敷蓋觀察。中華農學會報新91：69—76。
2. 王孝才・1975・果園水土保持方法之導水率測定。中華農會報新92：127—131。
3. 陳淸茂・1979・覆蓋與敷蓋對坡地土壤物理性質之影響。國立中興大學碩士論文 pp.49。
4. 莊作權、簡宣裕・1978・百喜草覆蓋與敷蓋對坡地土壤肥力之影響。中華水土保持學報9（1）：57—66。
5. 黃俊義・1978・覆蓋與敷蓋對坡地土壤肥力之影響。中華水土保持學報9（2）：83—92。
6. 萬鑫森・1969・植生及覆蓋對坡地土壤滲透性之影響。臺灣水土保持試驗研究彙刊（I）：421—428。
7. 廖綿濬・1977・水土保持方法論叢。臺灣省山地農牧局專刊。
8. 廖綿濬、張賢明・1974・幼齡柑園水土保持方法。中華農學會報新88：74—82。
9. 臺灣省農業試驗所・1981・作物需肥診斷技術。
10. 鄭慶生・1979・坡地芒果園覆蓋作物與敷蓋之研究。中華水土保持學報10（2）：131—144。
11. 簡宣裕、莊作權・1979・百喜草覆蓋與敷蓋對坡地土壤物理性及水土流失之影響。中華農學會報新105：57—66。
12. 土壤物理性測定法委員會・1976・土壤物理性測定法。養賢堂
13. Black, C. A. et al. 1965. Methods of Soil Analysis (Part Iand Part II)America Society of Agronomy No. 9.
14. Gardner, W. E. 1956. Representation of soil aggregate-size distribution by a logarithmic-normal distribution. Soil Sci. Amer. Proc. 20:151—153.
15. Lal, R., G. F. Wilson, and B. N. Okigbo. 1979. Changes in properties of an Alfisol produced by various crop covers. Soil Sci. 127:377—383.
16. Lal, R., D. De Vleeschauwer, and R. M. Nganje. 1980. Changes in properties of a newly cleared tropical Alfisol as affected by mulching. Soil Sci. Soc. Am. J. 44:827—833.

Study on Bahia Grass Covering and Mulching for Mango Orchards on Steep Slopeland[1]

C. S. Cheng[2]

Summary

The purpose of this experiment is to find out the effect of bahia grass covering and mulching on soil and water loss, on soil physical and chemical properties, and on mango growth for finding the most effective and economical method of soil conservation in steep mango orchards. The results obtained are summarized as follows :

1. The trearments of covering and mulching with bahia grass and stripping and mulching with bahia grass hab the minimum soil and water loss, whereas the control plot had the maximum.
2. The median diameter of aggregates, bulk specific gravity, dispersion ratio, porosity, and hydraulic conductivity of the soil were found to be the best in bahia grass covering treatments. The amount of organic matter was the highest in bahia grass covering treatments. Bahia grass mulching treatments increased available P and exchangeable K.
3. During the dry season, soil moisture content in the treatment of stripping and mulcheing with bahia grass was higher than that of in amy other treatnent.
4. Best coverage was observed in the treatments of covering and mulcheng with bahia grass and stuipping and mulchein with bahia grass because of vigor growth of bahia grass.
5. The treatment of stripping and mulching with bahia grass gives the best mango growth.
6. Based on the aforementioned results, the treatment of stripping and mulcging with bahia grass could effectively control the soil and water loss, reduce evaporation loss of soil moisture, improve soil physical and chemical properties, and provide full coverage and excellent effect for soil conservation. Therefore, for steep mango orchards the most effective and economical conservation practice is to combine this treatment with hillside ditching.

Key words : Steep slopeland, Mango orchards, Bahia grass, Covering, Mulching.

---

1. Contribution No. 1610 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Assistant Soil Scientist, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Station TARI, Fengshan, Taiwan 83017, R. O. C.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 41(1)：79～89 (1992)

溫室環境模式之研究
I. 數學模式分析[1]

陳加忠　賴建洲[2]　陳志昇[3]　黃照明[2]

摘要：在此研究中推衍一數值化模式模擬溫室環境以做爲改良溫室微氣候之控制策略。熱傳模式之項目包括內部空氣之熱傳量，通風量，地面與植物體之熱平衡。溫室內部之長波熱幅射被視爲熱流失的重要項目。自水份平衡原理所推導之公式用以預測內部之相對濕度值。時間相關的土壤熱流值加以簡化爲由一特定間隔前之日照量所決定之函數特定值。大氣溫度，相對濕度與日照量爲此模式之輸入變數，並利用數值分析法撰寫完成 BASIC 軟體以執行此模式模擬作業。

關鍵詞：溫室，數學模式

爲避免不良天候對作物生長之影響，溫室等設施已被農民利用以改良生長環境。溫室的內部微氣候受到溫室設施各結構參數與外在大氣環境之影響。爲了界定量化此影響性，以提供適用模式以爲環境控制之用，在此研究以熱傳與質傳原理建立溫室內部微氣候模式，提供於溫室興建合理化之參考。此模式之驗證與應用研究已加以執行[3]。

溫室模式之建立與驗證的主要目的如下：(一)瞭解與量化外在環境因子變動時溫室內微氣候所受之影響。(二)以適用之環境模式做爲環境自動控制參考決策之用。(三)利用環境模式評估各型溫室於其環境設備下對於溫室內部環境所能控制之極限。(四)配合作物生長模式，經營成本模式……等以規畫溫室生長作業。Avissor 與 Maher[8]提出了溫室模式之兩項適用標準：(一)模式的預測能力必須具有準確性，並且在物理與生物性活動下以實驗加以驗證。(二)模式必須爲通用性 (general) ，而且適用於各種環境情況下的各種作業系統。爲符合上述兩項要求，研究者所定義之溫室模式參數必須包含物理與生理之特性，通常使用的參數包括氣候資料 (溫度、濕度、風速、日照量……等) 與溫室各元件 (覆蓋材料、風扇性能……等) 熱學與光學性質。

溫室內微氣候模式之研究已有數十種之多，以其結構內容可區分爲簡易型(Simple)與複雜型 (Complex)。以其運算解析之計算方式可分爲解析法 (Analytic) 與數值法 (Numerical)。以模式與時間之關係可區分爲靜態型 (Static, time-independent) 和動態型 (Dynamic, time-dependent) 。一般而言，動態型的模式通常涉及了多樣變數，因此多爲複雜性模式。

簡易之溫室模式往往著重其實用性，例如 Albright[6]對美國地區所用溫室之熱量平衡提出簡易之估算方法：所有對溫室作用之太陽能量有三分之一被反射回到大氣或轉化爲光合作用之能源。三分之一因蒸散作用成爲潛熱，餘下之三分之一轉爲溫室內空氣之顯熱，由此三分之一之熱量可加以計算溫度內部溫度變化和所需通風量。

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1611 號。
2. 本所農業工程系副研究員、助理研究員、研究助理。
3. 本所農場管理室助理。

以溫室內熱量平衡原理以預測溫室變化之研究由 Walker[19]首先加以建立，其考慮因子有日照能，通風逸出之能量，週壁熱傳能量，地面傳導能量與植物生理作用消耗能量，所得預測值與量測值相差2°F之內，此結果爲以後研究者加以改良引用。

以此型溫室模式加以局部修正，配合時間間隔變化量（Time interval variables），Duncan 等人[10]推衍一溫室模式以分析冬日熱量之需求量，其預測值與實測值之差異值在1°C之內。

典型的複雜動態模式可以以 Takakura 等人[16]之模式爲代表，模式參數增加對植物葉溫，溫室內水份質傳遞，地面之熱貯藏能力，外界風速對覆蓋物傳導係數之影響與溫室內壁對太陽能傳遞能力之影響，因此其模式包含以下五大項之熱平衡：(一)覆蓋玻璃之內外表面與中間熱傳遞(二)內部空氣之能量質平衡。(三)內部空氣之質平衡。(四)植物葉表面能量平衡。(五)地面之能量平衡，後四項方程式皆涉及時間之微分方程式（$dTm/d\theta$），此模式共包含25個方程式。

Kindelan[14]認爲在溫室模式涉及溫度，濕度之各影響因子其熱貯存能力（Thermal storage capacity）可以忽視，但土壤之熱貯能力必須加以考慮，因此其模式考慮溫室覆蓋材料，內部空氣，植物與土壤，其中土壤項目則涉及了時間項數。

Froehlich 等人[12]以外界環境（溫度、濕度與日照量）週期性的變化爲邊界條件，模式包含內部空氣，覆蓋物、土壤、植物之溫度能量與溫室內水份能量平衡條件，其報導預測溫度之誤差值均在2°C之內。

Chandra 等人[9]以考慮溫室空氣溫度與水份之平衡模式受時間之影響，以進行溫室環控所需能源之分析，其模式之重點在以溫室內熱輻射交換性，以此界定一系列熱交換公式，其溫室植物溫度與地面溫度預測誤差約1.1°C。

Avissar 與 Mahver[8]，提出之模式概念類似 Kindelan[14]，僅有土壤項次考慮其受時間之影響。其模式驗證係利用三種不同覆蓋材料之溫室，報導之預測溫度誤差低於1.4°C。

模式之複雜性因其考慮因子而決定，在 Glaub 與 Treek[13]之溫室內熱與質傳遞分析研究中，即儘可能納入所能涉及之變數，其參數方程式共有59項。Akhter 等人[4]之溫室模式研究中，對溫室四周牆壁與屋頂分別建立公式，其環境模式共涉及100個以上之公式，其模式溫度預測之準確性係以模擬值與實測值進行迴歸，以其相關係數(R^2)皆在0.8以上。

Odink Ten Cate[17]針對荷蘭溫室環控之需求性，以溫室內空氣與土壤熱量平衡提出動態模式。其考慮項目爲通風系統、加熱系統，屋頂與牆壁，土壤等熱交換。其模式僅包含兩項公式，而將長波熱幅射，水份潛熱，作物等項目加以省略。作者並利用此方程式做爲環境控制之用。

爲比較不同模式對溫室內溫度預測的準確性，Van Bavel 等人[18]以三種模式分別驗證在世界三個地區（Labbock, USA. Tokyo, Japan, Wageninger, Netherlands），溫室之氣候數據，結果發現三個模式對空氣溫度，濕度與加熱能量需求之預測結果十分良好，但對於蒸發冷卻與蒸散作用量有顯著的差異值。

本省溫室內環境之預測模式雖然曾有報導[2]，其模式之建立係引用 Takarura 等人之模式，但其外在氣候條件係摒除利用感測器現場量測方式而以氣象實測值加以驗證此模式預測能力。此外 Takarura 等人建立之模式係以美國中北部明尼蘇達地區之溫室爲驗證[16]，其大陸型穩定氣候背景與本省海島氣候多變之自然環境相異，此模式對本省氣候之適用性未有所驗證。

由上述之文獻探討可知，針對本省溫室之環境模式有其建立之必要，而本省溫室之主要問題在於夏季熱累積與冬季寒流來襲之急速降溫，適用本省之環境模式應以此爲重點加以建立，因此本研究之目的在於探討影響溫室內部微氣候之各項因子，以建立適用本省溫室之環境模式。

環境模式建立

溫室模式之建立目的中，必須涵蘊對不同環境效應的說明能力，本省溫室主要環境效應有三種：

(一)溫室效應（Greenhous effect）

此效應主要來自熱累積，即表示在溫室中因陽光帶來的熱量遠超過散失的熱量，因此造成了內部溫度的增加。

(二)綠洲效應（Oasis effect）

此效應係在於高溫低濕的環境，由於水蒸發成蒸氣之作用，潛熱與顯熱的互換，使空氣之溫度降低，溼度增加。

(三)陽傘效應（Sunshade effect）

此效應係指在具有遮蔭且通風良好的溫室之內，因短波熱輻射被大量阻絕，地面以長波熱輻射向外散熱，因此造成溫室內溫度略低於外界。

此研究之環境模式之考慮主要在於以夏季高日射能爲外界供應之主要能量，因此在大量日射能量之條件下，溫室覆蓋物，內部空氣，生長之植物等熱能變化，與外界能量之變化爲立即反應（Rapid response），因此無時間延遲現象，唯一與時間相關之能量爲地面熱場。

在模式變數之氣候條件如日照量，大氣溫濕度、風向、風速等皆爲現地量測值，用以判別其對溫室內部環境之影響。

此模式之建立以熱、質平衡爲基礎，其假設條件如下：

1. 溫室內熱場（溫度與質場（水份）分佈均勻化）無梯度現象。
2. 熱輻射係數爲定值，不因波長等因素而改變。
3. 熱傳導與對流係數爲固定值，不因溫度改變。
4. 僅土壤之熱傳導爲時間相關，具其傳遞方向爲垂直（一維）。
5. 溫室空氣，覆蓋材料與植物等熱場爲穩定狀況（stady-state）。

(一)熱傳系統模式：

典型的溫室熱傳系統如圖一所示，所用符號說明如下，其應用單位爲w/m^2。

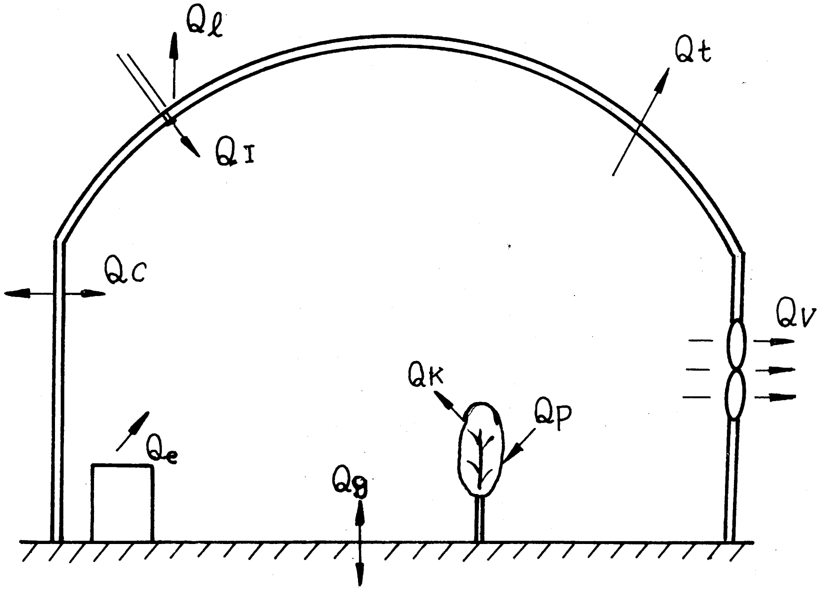


圖１． 溫室熱傳系統

Fig 1. Thermal transfer system of greennouse

Q_I：太陽能入射溫室內有效能量。

Q_l：太陽能反射能。

Q_t：溫室內部對天空之長波輻射能。

Q_c：溫室內部與外界因傳導、對流作用之交換熱。

Q_v：因通風作用與外界空氣之熱交換量。

Q_e：溫室內機械設備（加熱器、冷氣機……等）所產生或吸收之熱量。

Q_g：內部空氣與地面之熱交換量。

Q_p：植物因光合作用所利用之能量。

Q_r：植物因呼吸作用所利用之能量。

各能量之計算公式如下：

1. Q_I值

$$Q_I = \tau_e\ I \cdot A_f \quad \cdots\cdots (1)$$

$$\tau_e = \alpha \cdot \tau \quad \cdots\cdots (2)$$

τ_e：太陽光能量穿透覆蓋物之有效部分。

τ：太陽光能量穿透覆蓋物之直射部分，α為常數。

I：太陽能輻射量（w/m^2）。

A_f：地面面積（m^2）。

2. Q_t值

$$Q_t = \varepsilon_s \cdot \tau_t \cdot A_f \cdot \sigma \cdot [T_{1k}{}^4 - \varepsilon_a\ T_{ok}{}^4] \quad \cdots\cdots (3)$$

ε_s：平均穿透率（0.85）。

σ：波茲蔓常數。

ε_a：穿透係數（27°C, $\varepsilon_a = 0.9$）。

τ_t：長波熱傳係數（Thermal Transmittance）

對玻璃而言，τ_t為0.03，塑膠布溫室之τ_t值為0.8，由此可玻璃溫室之Q_t值極小，在實用上可以忽略，但在塑膠布溫室之熱傳系統中，Q_t值則十分重要。

T_{1k} 與 T_{ok} 為溫室內外溫度，單位為 °K。

3. Q_c值

$$Q_c = U \cdot A_w \cdot (T_l - T_o) \quad \cdots\cdots (4)$$

$$U = [U_k + H_v] \quad \cdots\cdots (5)$$

μ_k為熱傳導係數（w/m^2），H_v為溫室因縫隙等產生之對流熱傳遞，於通風作業時，H_v值可忽略。

A_w：溫室屋頂與四壁之面積（w^2）。

T_l 與 T_o 為內外溫度，單位為°C。

4. Q_v值

$$Q_v = \rho \cdot C_p \cdot M' \cdot [T_l - T_e] \quad \cdots\cdots (6)$$

ρ為空氣密度（kg/m^3），C_p為比熱（1006 J/kg）

M'為通風量（m^3/sec）。

T_e為有效通風溫度。

不同通風狀況下，各參數如下：

(1)機械通風

M'值由各通風扇之作業能力和開啓數目所決定。

T_e值之計算如下：

a. 利用外界空氣抽取通風。

T_e：T_o，有效通風溫度與外界空氣溫度相同。

b. 利用蒸發冷卻法（水牆、噴霧……等）。

$T_e = T_o - E_f\ (T_o - T_w)$ ……(7)

T_w為外界空氣濕球溫度，E_f 為蒸發作業效率，對冷水牆（Pad and fan）而言，E_f 約為80%。

c. 利用機械冷凍設備。

以冷凍設備送出之冷風溫度（T_c）為T_e值。

5. 自然通風：

自然通風之效應包括溫差效應和風力效應。

A. 溫差效應：

自然通風中其T_e值與外界空氣相等。其M_t'值計算方式係利用 Foster 與 Dowm[11]之研究結果，中立平面高度（height of the neutral plane）$\bar{h}$之計算如下：

$$\left|\bar{h}-\frac{d}{2}\right|^{\frac{3}{2}}-\left|\bar{h}+\frac{d}{2}\right|^{\frac{3}{2}}-\frac{3w}{4}\,\frac{|\bar{h}-H|^{\frac{3}{2}}}{\bar{h}-H}=0 \quad \cdots\cdots(8)$$

d為側面開口之高度（m），H為側面開口與屋頂開口之距離，w為屋頂開口之寬度。

公式(8)之計算涉及絕對值與乘冪值，並非一簡單代數公式，因此需要以數值方法$\bar{h}$值。

a. 在 $\bar{h}>\frac{d}{2}$ 時，

$$M_t'=C_d\left(\frac{2g\cdot T_d}{T_{ok}}\right)^{0.5}\cdot\left[W\cdot l\cdot(H-\bar{h})^{\frac{1}{2}}\right] \quad \cdots\cdots(9)$$

b. 在 $\bar{h}<\frac{d}{2}$ 時，

$$M_t'=C_d\left(\frac{2g\ T_d}{T_{ok}}\right)^{0.5}\left[Wl(H-\bar{h})^{\frac{1}{2}}+\frac{4l}{3}\left(\frac{d}{2}-\bar{h}\right)^{\frac{3}{2}}\right] \quad \cdots\cdots(10)$$

C_d為排出（Discharge）係數，g為重力加速度（$9.8m/s^2$），l為溫室長度，T_o為外在溫度（°C），T_d值為內外溫度差之絕對值：

B. 風力效應：

因外界風力引起之通風量（M_w'）其計算公式如下：

$M_w' = C_w \cdot A_l \cdot V_w$ ……(11)

A_l：通風入口之開口面積（m^2）

V_w：風速（m/s）

C_w：有效利用係數，因受風角度而異。

C. 綜合效應：

通風效應包括溫差及風力兩項綜合效應時，其有效通風量為M_p'，

$M_p' = (M_t'^2 T + M_w'^2)^{0.5}$ ……(12)

6. Q_g值

在溫室內各環境參數項目最複雜之項目為土壤能量，由於土壤對太陽能量之吸收，在一段時期後使其溫度增加，而在日射能量減弱時，土壤之溫度熱累積釋放出熱量，因此地面土壤可視為能量貯存庫（Energy Resevior）。

土壤能量之計算公式十分複雜，其參數如熱傳導係數受到其成份，結構與含水率之因素所影響[6,16,17]。在動態模擬公式有以二維（X. Y向）或一維微分方程式求解，其邊際條件係假定某一深度之

土壤爲恆溫，其假設的土壤層次相關，荷蘭 Udink Ten Cate[17]僅假定土壤爲兩層且爲垂直方向，Takarura 等人[10]假定五層土壤，並考慮 X—Y 方向，因此其土壤熱場方程式有20組。

在日本之溫室應用手册[1]中，可利用之資料有2種：(一)溫室地面之單位面積熱傳量 GE與室外溫度差之關係，溫差10°C時，GE 值爲23w/m²，4°C時，GE 值約爲26w/m²，由 Papadakis 等人[15]之研究，在高日照地區，土壤熱傳遞之比例不大，其範圍介於－15～35w/m²，此與日人之研究結果近似。

國內之溫室利用極少有直接栽植於地表之上，而以盆架植床栽植之方式居多，其土壤所受之遮蔽比率大，日射能與土壤表面之熱交換較少。

在此研究中，爲簡化繁雜的微分方程式運算並兼及考慮日照量對土溫變化之遲滯（Time delay）影響，將Qg值計算定義如下：

$$Q_g = GE \cdot A_f \qquad (12)$$

GE：土壤熱傳量（W/m²）

GE 值爲溫室地面所照射之日照量與延遲時間效應之函數。在此研究中，此延遲效應自實驗量測約爲1.5小時，因此GE值之函數圖如圖2。其應用說明如下：在判定GE 值時，以1.5小時前之日射量（I）爲基礎，其適用情況有四種：$\frac{d_I}{d_t}$表示 I 值隨時間之增減狀態，I_o爲特定值。

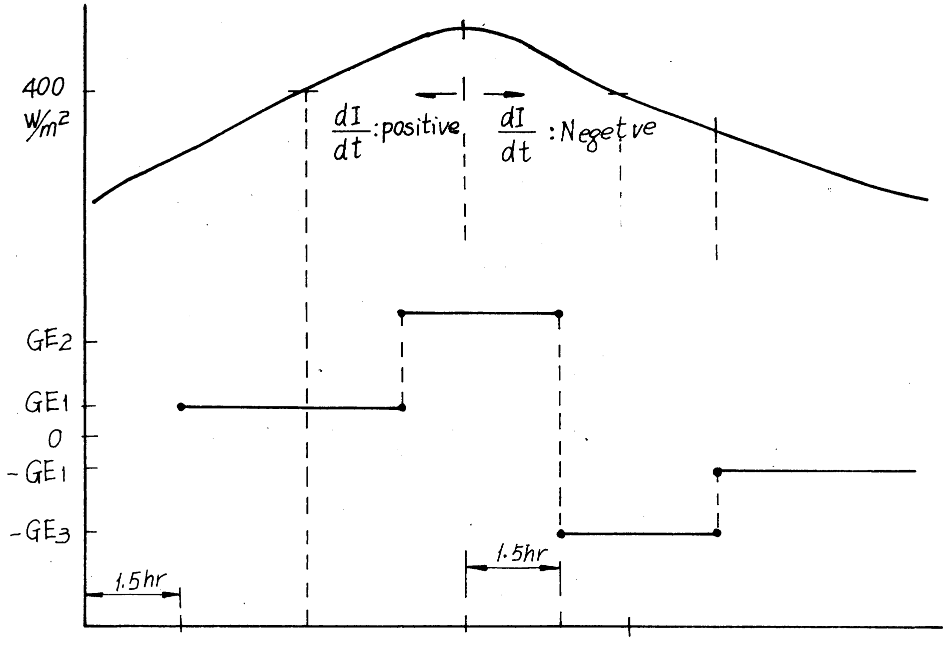


圖 2． GE 值與日射量，日照時間之關係
Fig 2. Relations of GE value with solar intensity and time.

1. $\frac{d_I}{d_t}$值爲正且小於I_o值，$GE = GE_1$

2. $\frac{d_I}{d_t}$值爲正且大於I_o值，$GE = GE_2$

3. $\frac{d_I}{d_t}$值爲負且大於I_o值，$GE = -GE_3$

4. $\frac{d_I}{d_t}$值爲正且小於I_o值，$GE = -GE_2$

5. Q_p 與 Q_r

由文獻可知[6,20]，作物之光合作用所耗能量可以不計，而Q_p值之計算有兩種。

(1) $Q_p = E_p \cdot P_f \cdot Q_I$[20] ……(14)

P_f：植物占溫室地面之比例。

E_p：植物作爲能量之比例，因植物而異，通常爲0.2～0.8，Walker 等人認爲0.5之數值可以適用[20]。

(2)利用蒸散潛能之概念[10]

以 PET（Potential Evapotranspiration）之概念計算溫室內作物對太陽能量之利用。

$$PET = 0.373 \cdot Q_I \cdot (0.8 + 0.01 \cdot T_I) \quad \cdots\cdots(15)$$

$$Q_p = 0.675 \cdot PEI \cdot P_f \cdot A_f \quad \cdots\cdots(16)$$

(3)利用蒸散水質量公式[9]

利用植物蒸散作用之水氣質量換算其蒸發熱量，用以爲溫室內植物能量公式。

在此研究中利用公式⑿，⒀之作用公式以計算Q_p值，因此

$$Q_p = 0.252 \cdot P_f \cdot A_f \cdot Q_I \cdot (0.8 + 0.01T_I) \quad \cdots\cdots(17)$$

由上述各種熱能量可建立溫室熱系統模式：

（進入溫室之熱能）＝（移出溫室之熱能）

代人各Q值，其正負號由其熱能流入或流出方向所決定。

$$Q_I(\pm)Q_e = Q_t + Q_p(\pm)Q_c(\pm)Q_v(\pm)Q_g \quad \cdots\cdots(18)$$

㈡質傳系統模式

由於國內溫室之作業環境日照量充沛，CO_2濃度的補充問題並不重要，在質傳係統中僅考慮空氣中水份之平衡。其質平衡公式：

〔進入溫室內空氣中之水份〕＝〔離開之水份〕

$$\rho_I H_I = \rho_o H_o + W_e + W_p + W_g \quad \cdots\cdots(19)$$

ρ_I, O：溫室內外空氣之密度（kg/m^3）

H_I,O：溫室內外空氣之濕度比值（kg of H_2O/kg of dry air）。

W_e：機械設備（如水牆、噴霧）加入之單位水量（kg of H_2O/m^3）。

W_p：植物蒸散作用放出之單位水份（kg of H_2O/m^3）

W_g：地面放出之單位水份（kg of H_2O/m^3）。

在正常狀況下 W_p 與 W_g 值通常可忽略[6,20]，又 ρ_I 與 ρ_o 之差異十分小。質傳模式可改寫如下：

$$H_I = H_o + W_e/\rho_o \quad \cdots\cdots(20)$$

環境模式解析用程式

溫室內空氣溫度之求解公式自公式⑹推衍如下：

$$(\pm)Q_e + \alpha \cdot \tau \cdot I \cdot A_f = \varepsilon_s \cdot \tau_t \cdot A_f \cdot \delta \left[T_{Ik}^4 - \epsilon_a T_{ok}^4\right] + (U_k + H_u) \cdot A_w \cdot (T_I - T_o) + \rho C_p M' \left[T_I - T_e\right] + GE \cdot A_f + 0.252 \cdot P_f \cdot A_f \cdot \alpha \cdot \tau \cdot I \cdot Q_I \cdot (0.8 + 0.01T) \quad \cdots\cdots(18)$$

此公式涉及T_I^4值，因此無法以代數公式直接求得T_I值，必須以數值方法求解，此研究中所用方法爲 Bi-section 法，假定 T_I 值於5～75°C之間，以近似法求解。

在自然通風之情況，Q_v 項M′值之計算涉及了 D_T 值，而 D_T 值爲量測值 T_o 與 T_I（公式之求解值）之差異值，因此在求解時假設 $D_T(1) = 6$°C，以重覆迭替方式（Iterative method）求逼近值。

爲執行模式公式之運算，本文作者以 GW-BASIC 撰寫軟體程式 TARI 1 ，以其交談式語言運作方式，以爲未來應用時結合電腦環控之用，此軟體之流程圖如圖3所示：

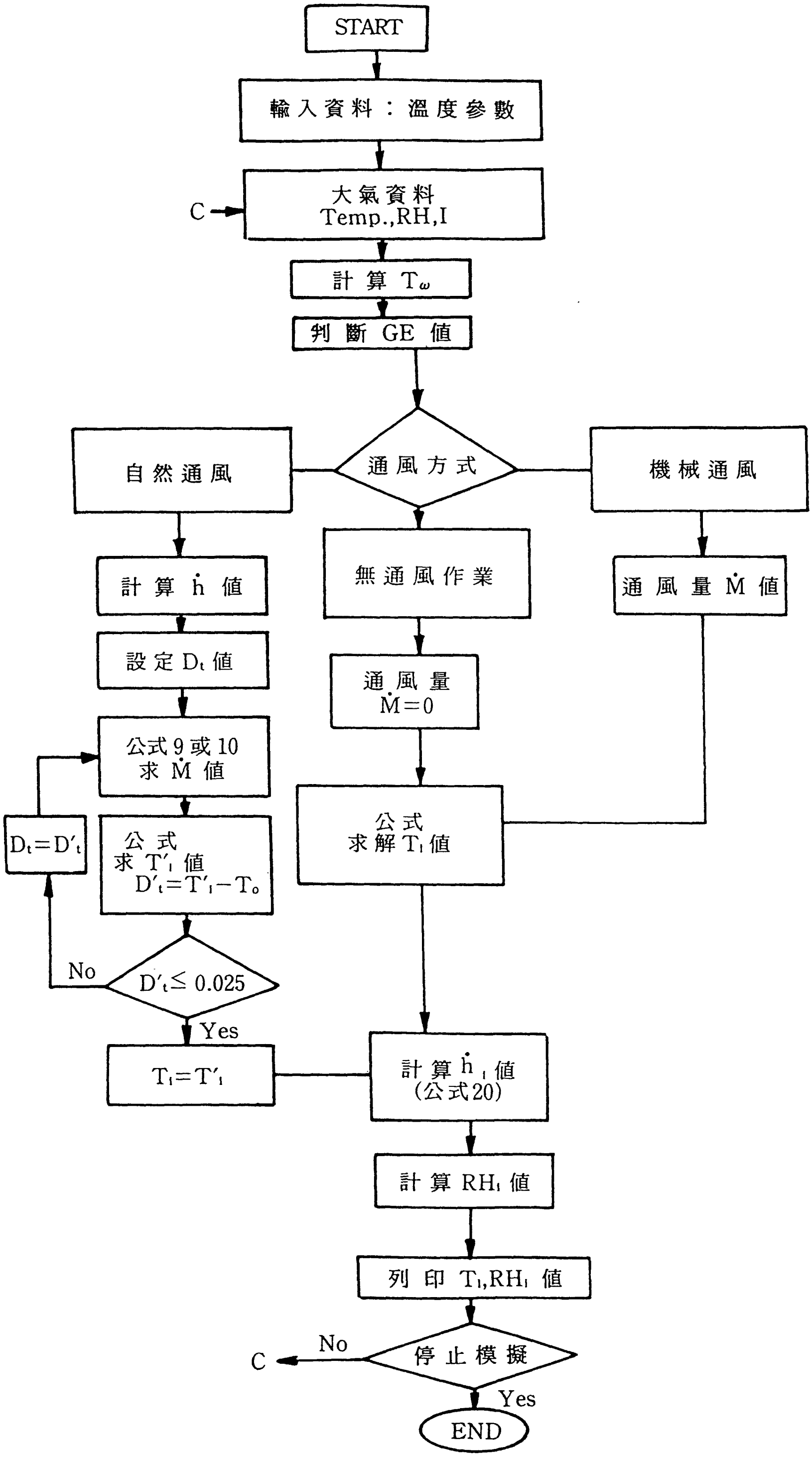


圖3. 溫室模式計算流程圖

Fig 3. Flow chart for the greenhouse model.

此程式包含五組副程式：

一、Tw Subroutine

用以自RH值，T_d值（乾球溫度）換算濕球溫度。

二、$\bar{h}$ Subrotine

用以執行自然通風時，公式(8)中$\bar{h}$值之計算。

三、T_i Subroutine

用以執行公式(18)中 T_i 之求解值。

四、D_i subroutine

結合 T_i Subroutine，用以計算自然通風時 T_i 值。

五、RH_i Subroutine

用以自公式(20)中H_i值與大氣之 Temp, RH 值計算溫室內濕度 RH_i 值。

環境模式 TARI 1 執行時，必須先輸入溫室之參數值與大氣資料（溫度、濕度與日照量）。應用於環境控制時，大氣資料可介由感測器之訊號傳輸作業。直接輸入軟體。軟體計算 T_w 值與依賴氣象資料判定 GE 值後，使用者再輸入通風作業之狀況，程式即執行運算，將溫室內 T_i 與 RH_i 直接印出。

模式之準確性與預測能力必須藉由實測數據之比較才能驗證，此研究所得之溫室氣候模式已有詳盡之驗證並執行其敏感度分析（陳等人[4]）。

結　　論

爲推衍適用之溫室微氣候模式，此研究參考已知文獻之溫室環境影響參數，並配合本省之地區氣候條件，用以提出適用之模式。在預測內部溫度之熱量平衡方向，包含內部空氣與週壁之熱傳導，通風量影響與植物體之熱平衡，並考慮溫室內部長波熱輻射效應，土壤之熱流場以一特定之函數值代表。在質量平衡方面以水份之收支量預測溫室內相對濕度值，執行模式計算所需要之輸入值爲大氣溫度，濕度與日照量。其計算所用軟體係依據數值方法所完成。

參考文獻

1. 王鼎盛・1988・設施園藝設計手册.初版.臺北。
2. 王鼎盛，邱文山・1990・本省溫室內溫濕度之預測模式.中國園藝。36（2）：108—122.
3. 陳加忠，賴建州，陳志昇，黃照明・1992・溫室環境模式之研究（二）.模式驗證與應用，中華農業研究41(1)：90～114。
4. Akhter, P., G. E. Meyer and J. A. Deshazer. 1988. Dynamic simulation of greenhouse environment and thermal storage. ASAE Paper. No. 88—4526 St. Joseph, MI.
5. Albright, L. D., I. Seginer, L. S. Marsh and A. Oko. 1985. In situ thermal calibration of unventilated greenhouse. J. Agric. Engng. Res. 31：265—281.
6. Albright, L. D. 1991. Environment control for animals and plants. lst ed. ASAE.
7. Al-Kayssi, A. W., A. A. Al-Karaghouli, A. M. Hasson and S. A. Beker. 1990. Influence of soil moisture content on soil temperature and heat storage under greenhouse conditions, J. Agric. Engng Res. 45：241—252.
8. Avissar, R. and Y. Maher. 1982. Verification study of a numerical greenhouse microclimate model. Trans. of ASAE. 25：1711—1720.
9. Chandra, P., L. D. Albright and N. R. Scott. 1981. A time dependent analysis of greenhouse thermal environment. Trans. of ASAE. 24：442—449.

10. Duncan, G. A., O. J. loewer and D. G. Colliver. 1981. Simulation of energy flows in a greenhouse : Magnitudes and conservation potential. Trans. of ASAE. 24 : 1014—1021.

11. Foster, M. P. and M. J. Domn. 1987. Ventilation of livestock buildings by natural convection. J. Agric. Engng Res. 37 : 1—13.

12. Froehlich, D. P., L. D. Albright, N. R. Scott and P. Chandra. 1979. Steady-periodic analysis of glass-house thermal environment. Trans. of ASAE. 22 : 387—399.

13. Glab. J. C. and G. J. Trezek. 1981. Heat and mass transfer analysis of greenhouses. ASAE Paper. No. 81—4031. St. Joseph, MI.

14. Kindelan, M. 1980. Dynamic modeling of greenhouse environment. Trans. of ASAE. 23 : 1233—1239.

15. Papadakis, G., A. Frangoudakis and S. Kyritsis. 1989. Soil energy balance of a solar greenhouse. J. Agric. Engng. Res. 43 : 231—243.

16. Takakura, T., K. A. Jordan and L. L. Boyd. 1971. Dynamic simulation of plant growth and environment in the greenhouse. Trans. of ASAE.

17. Udink Ten Cate, A. J. 1987 Analysis and synthesis of greenhouse climate controllers. In Computer application in agricultural environments, ed. J. A. Clark, K. Grerson and R. A. Saffell. lst. ed. P. 1—19. London : Butterworths.

18. Van Bavel, G. H. M., T. Takakura and G. P. A. Bot. 1985. Global comparison of three graanhouse climate models. ACTA 174 : 21—33.

19. Walker, J. N. 1865. Predicting temperatures in ventilated greenhouses. Trans. of ASAE. 8 (3) : 445—448.

20. Walker, J. N., R. A. aldrich and T. H. Short. 1983. Quantity of air flow for greenhouse structures. In Ventilation of agricultural structures, ed. M. A. Hellickson and J. N. Walker, P. 257—277. ASAE.

The Studies of the Greenhouse Environmental Model Part I. Mathematical Model Analysis[1]

C. C. Chen, C. C. Lai[2], C. S. Chen[3] and C. M. Huang[2]

Summary

In order to provide the control strategy for improving the growth microclimate, a numerical model was developed to simulate the greenhouse environment. A heat transfer model consists of the thermal balance of inside air, floor, plants and ventilation effect. The radiation energy of long wave emits from the inner of greenhouse was considered as an important factor of heat loss. The time-depentent soil heat flux was simplified as a specific function that quantified by the magnitude of solar intensity at previous interval period. The equation derives from the moisture balance principle was to predict the value of relative humidity. Temperature, relative humidity of air and solar intensity were the input variables for the model. A BASIC sofeware program using numerical analysis technique was proposed to execute the simulating work.

Key words : Greenhouse, Mathematical Model.

1. Contribution No. 1611 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Associate researcher, assisant researcher and research assistant, Depart. of Agricultural Engineering.
3. Assistant, Office of Farm Management, TARI, Taichung, Taiwan.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）41(1)：90～114（1992）

溫室環境模式之研究
II. 模式驗證與應用[1]

陳加忠 賴建洲[2] 陳志昇[3] 黃照明[2]

摘要：為驗證溫室環境模式之準確性與通用性，在此研究中量測兩型溫室在各種環境狀況下的微氣候數據，由於不同文獻之參數值有顯著差異性，少數部份數據用以修正模式之參數值，多數之量測值用以驗證模式的預測能力，模式對溫度預測的準確性約2°C，相對濕度值的預測誤差小於5%，模式的時間不相關性假設條件對兩型溫室均可成立，利用敏感性分析對於參數值進行模擬試驗，其結果顯示遮蔭裝置為國內溫室作業必須具有的設備，利用蒸發冷卻法之降溫能力取決於進入溫室內太陽能量，外在空氣之相對溫度值與所用設備之作業效率，以自然通風或機械通風之溫室的降溫極限在於大氣之乾球溫度，利用蒸發冷卻法之降溫效果無法低於大氣濕球溫度。

關鍵詞：溫室，模式驗證

溫室栽培之主要特點在於其能夠提供保護植物生長的環境，使其克服如強風、暴雨，高日照、低溫……等逆境因子，在溫室栽培作業中，環境控制是提高產量，均一品質的重要方法，而其控制成敗之主要關鍵在於環境模式的建立。

環境模式之適用性在於其預測能力的準確性與其通用性。預測能力係指由外在環境因子（日照量、溫度、濕度，風向與風速等）之特定條件改變時，因溫室本身結構，覆蓋材料，內部植物，環控設備作業方式等特殊參數值所影響，藉由模式可預測溫室內部的溫度和濕度值。由於此預測能力，可用以規畫溫室條件和環控設備配合作業下所能維持的溫室內部環境。模式之通用性係指此模式在應用於不同地區或不同型式之溫室時，僅需調整參數值即可適用。

國內溫室所面臨的主要問題在於夏日強烈日照量引起之熱累積與冬日寒流來襲之急速降溫，環境模式則可用以規畫各型降溫方式之環控能力和評估加熱裝置之作業能源需求。適用本省之溫室環境模式已依熱傳與質傳原理加以建立（陳等人[3]），在此研究中，依據此模式進行驗證與應用之研究，其主要目的如下：

㈠利用兩型溫室以驗證模式預測能力之準確性。

㈡探討穩定狀況（Steady-state）假設之合理性。

㈢進行敏感度分析，探討各環控設備之作業性能。

㈣以模式探討各種環控設備之降溫性能。

文獻探討

---

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1612 號。
2. 本所農業工程系副研究員、助理研究員、計畫助理。
3. 本所農場管理室助理。

爲建立適用國內溫室之環境模式，陳等人[3]之研究中，利用熱、質平衡原理所推導之模式描述如下：

㈠熱傳模式

$$\pm Q_e + \tau_e \cdot I \cdot A_f = U \cdot A_w \cdot [T_i - T_o] + \rho C_p \cdot M' (T_i - T_e) +$$
$$\varepsilon_s \tau_t A_f \alpha [T_{ik}^4 - \varepsilon_a T_{ok}^4] + GE \cdot A_f +$$
$$0.252 \cdot P_f \cdot A_f \cdot QI \cdot (0.8 + 0.00T_i) \quad \cdots\cdots (1)$$

符號說明：

A_f：溫室地面面積（㎡）

A_w：溫室周壁面積（㎡）

Q_e：機械設備所增加或減少之熱能（w）

τ_e：太陽能穿透入溫室之有效利用比例常數。

I：日照量（w/㎡）

U：周壁熱傳係數（w/㎡・k）

ρ：空氣密度（kg/㎥）

C_p：空氣比容（J/kg.k）

M′：通風量（㎥/sec）

ε_s：平均穿透率（0.85）

τ_t：長波輻射熱傳係數

α：波玆曼常數

ε_a：穿透係數

GE：地面熱流量（w/㎡）

P_f：溫室內地面種植植物比例

Q_I：太陽能進入溫室內之有效能量（$Q_I = \tau_e \cdot I \cdot A_f$）

T_i：溫室內空氣溫度（°C）

T_{ik}：溫室內空氣溫度（°k）

T_o：大氣溫度（°C）

T_{ok}：大氣溫度（°k）

T_e：通風作業時之空氣溫度（°C）

㈡質傳模式

$$H_i = H_o + W_e / \rho \quad \cdots\cdots (2)$$

符號說明：

H_i：溫室空氣之絕對濕度值（kg of H_2o/kg of air）

H_o：大氣之絕對濕度值（kg of H2o/kg of air）

ρ：空氣密度（kg/㎡）

W_e：機械設備加入之單位水份（kg of H_2o/㎥）

在模式驗證中，參數數值（如牆壁熱傳係數，土壤之熱能吸收率……等）之選擇主要是利用已知之文獻數據[7,8,9,10]。而參數之適用值對預測性能之影響在敏感度分析（Sensitive Analysis）時再加以探討，由於參數值對預測性能之影響性不能忽視，因此 Albright 等人[5]利用線性迴歸技術自收集之量測數據以估求參數數值。Udink Ter Cate[13]曾報導利用數據之適稱性（Fitting of the data）以求得參數值，但未說明其方法。Jones 等人[12]則將量測之數據分成兩類，一爲參數校下用數據，另一組爲驗證用數據。將模式之參數以第一組數據校正改良其準確性，再以第二組數據評估其預測能

力。

模式之準確性程度依研究者之報導有所不同，溫度之準確度於 2 °C以內，相對濕度則在10%之內(4,7,8,9,10,12)

材料與方法：

一、驗證用溫室

在此研究中所利用以進行環境模式驗證用溫室有兩型，皆位於本省中部農業試驗所內，其主要結構如圖1，2所示。

1. 山型溫室（Gable-Roof Greenhouse）

此型溫室覆蓋材料為單層塑膠布（PVC），具有兩側捲起裝置，屋頂為太子樓式，可進行自然通風作業。在機械通風作業設備上具有大風扇一具，小風扇四具，以進行不同風量之通風研究。

屋頂之外裝置50%遮蔭率之遮蔭網，可控制開閉位置，其位置係與屋頂之斜度平行，在太子樓頂亦裝設遮蔭網，使溫室遮蔭效果一致。地面舖設碎石，其種植作物為盆栽觀賞植物，其數量約占地面面積35%；此溫室之長為12m，寬6m，高為2.8m，屋頂之斜度角為23.4°，屋頂與四壁之總面積為260m²，體積約248m³。其座落方向為東西向。

2. 半圓隧道型溫室（Semi-tunnel Greenhouse）

此雙層塑膠布溫室之主要目的在於實驗其集熱能力以研究應用於水果加工乾燥之可行性，在此以其微氣候數據做為驗證環境模式之用。其外形為半圓隧道型（圖2），材料為 PVC，地面面積18m²（3×6m），牆壁面積76m²，體積為43.6m³。雙層塑膠布之間隙為8～10mm。

為增加集熱效果，地面舖設黑色塑膠布，其座落方向為東西向。進行模式驗證時，溫室內未置乾燥試驗用樣本。

圖1. 山型塑膠布溫室

Fig 1. Gable-type plastic greenhouse

圖2. 雙層塑膠布溫室

Fig 2. Double-layer plastic greenhouse

二、微氣候量測設備

此研究中所量測之氣候因子如下：日射能，溫度與相對濕度。

溫度與相對濕度係利用 Rotronic Hygromer I-100 Transmitter，其溫度感測元件爲 RTD PT—100ohm，誤差值爲0.1°C，濕度感測元件爲 Rotronic Hygromer C—83—N，其作用原理在於利用薄膜型電容元件與濕度之關係轉換成電壓訊號輸出，其溫度與相對濕度之輸出訊號範圍於 0 — 1 V 之間。相對濕度之準確度約 2 — 3 %，經校正改良後可調整爲0.7%。

日照能量利用 Eppley Radiometer（Model 8—48）量測，其製造廠商爲 Eppley Lab. INC，其校正係利用 Eppley of Reference Standard，其輸出值爲 mv，範圍於 0～10mv 之間，誤差約爲3%，爲避免雜訊干擾此微弱電壓訊號造成失真，在量測時利用電壓放大器放大50倍，其輸出訊號再依原廠之校正公式換算爲日照能量（w/m^2）。

感測器之設置地點如下：三具 Rotronic I—100型溫濕度計分別放於兩型溫室和大氣中，皆具有覆蓋（Shield device）保護裝置以避免陽光直射引起誤差。溫室中感測器之位置位於對角線中間位置高度1.2m 處，一具日照計置於外界以量測日照直射能，另一具輪換置於兩型溫室之中，用於量測溫室內部之日照直射能量。

由於兩種感測器之輸出訊號各爲電壓值，以電壓記錄器（Ling-Shyh 型，Ls—ELR—48 Model）直接記錄以供分析。

三、參數數值之選擇

不同文獻所列舉之參數值並不相同，例如以塑膠布溫室而言，單層之 U_k 值在 ASAE 標準爲6.8 $w/m^2.k$，日本之標準值爲6.5[5]。此外，各種參數值往往受到使用時間材料老化之影響，因此必須作現地之調整校正。詳細之現地校正方法另篇加以討論。

四、模式之驗證

模式驗證必須包括不同時間（Temporal）與不同地區（Spatial）之預測準確性比較，爲避免模式之建立只是數組數據自身之自我歸納分析，此研究中將驗證所用數據與模式參數校正用數據彼此獨立（Independent）。其驗證方法描述如下：

1. 以文獻所得之參數值代入環境模式，以此數據由模式執行得到預測值，並與實際量測值（參數調整用數據）比較。
2. 調整（Adjusted）參數值，使預測值儘可能接近量測值。
3. 以所得參數值代入模式，以模擬計算所得之預測值，與驗證所用量測值比較，用以驗證模式對於各不同時期之預測能力。
4. 以相同(1)～(3)之方法驗證與比較在不同地區或不同型式之溫室其模式通用性。

模式之預測準確度其檢驗方式在定性標準方面可以以預測誤差值對量測值或時間之殘差圖加以觀察是否其有規律性分佈。在定量比較可利用平均誤差值（D_a）加以比較：

$$D_a = \frac{\sum|Y-\hat{Y}|}{N} \quad \cdots\cdots(3)$$

$Y, \hat{Y}$ 爲量測值與預測值，N 爲數據之數目。

結果與討論

一、參數選擇值

模式參數值中，太陽能所能利用值決定了溫室內主要之熱量來源。在此實驗中以兩具日照計分別量測溫室內外日照直射能（S_I, S_o），因此日照能量利用常數 τ 值可計算爲：

$$\tau = s_I/s_o \quad \cdots\cdots(4)$$

溫室內直射能量與淨所得能量有常數關係存在，利用參數調整用數據加以比較，α 值約爲1.1，此與日人掘部和雄[15]之研究結果相近。

以此方式所估求之之日照能有效利用率 τ_e 值如下：山型塑膠布溫室爲0.42，遮蔭後爲0.22，雙層塑膠布溫室爲0.64。

二、模式預測能力之驗證

(一)山型溫室

山型溫室於密閉狀況時其溫度量測值和模式預測值加以比較，以參數調整方式使差異值最小，其結果如圖3a所示。在最佳準確性情況下，此型溫室參數值如下：週壁熱傳係數（U_k）：6.3w/m²，週壁對流係數（H_v）：4.3w/m²，塑膠布太陽能穿透有效利用率（τ_e）：0.42，遮蔭後爲0.22。

由圖3a可知此型溫室在近乎密閉狀態其溫室效應使溫室內部空氣高於外界氣溫約10°C。由於溫室已有外遮蔭隔絕部份太陽能，而且因溫室兩側並非完全密閉，因此與頂層之太子樓形成自然對流，H_v 值約4.3w/m²，使溫室內熱累積效應並不十分嚴重。

山型溫室在自然通風狀態下，因內外溫差引起之自然對流通風效應，其示意圖如圖3b。由於溫室兩側加以打開，加上頂層爲開啓狀態，自然通風之效果使溫室用內部溫度僅大於外界氣溫約4°C，在適當的參數值校正後，自然通風排出係數（Discharge Coeff.），評估爲0.34。由圖3b可知其準確性十分良好，僅於8：30之預測值之誤差最大約爲2°C。

以圖3a、b驗證所得之參數值以校正地面熱流係數值 GE ，在模式建立中已定義 GE 值由一特定時間前大氣日照量（I_s）和其增減趨勢以決定，由驗證數據以校正 GE 值，判斷依據爲1.5小時之前日照量（I_s）。

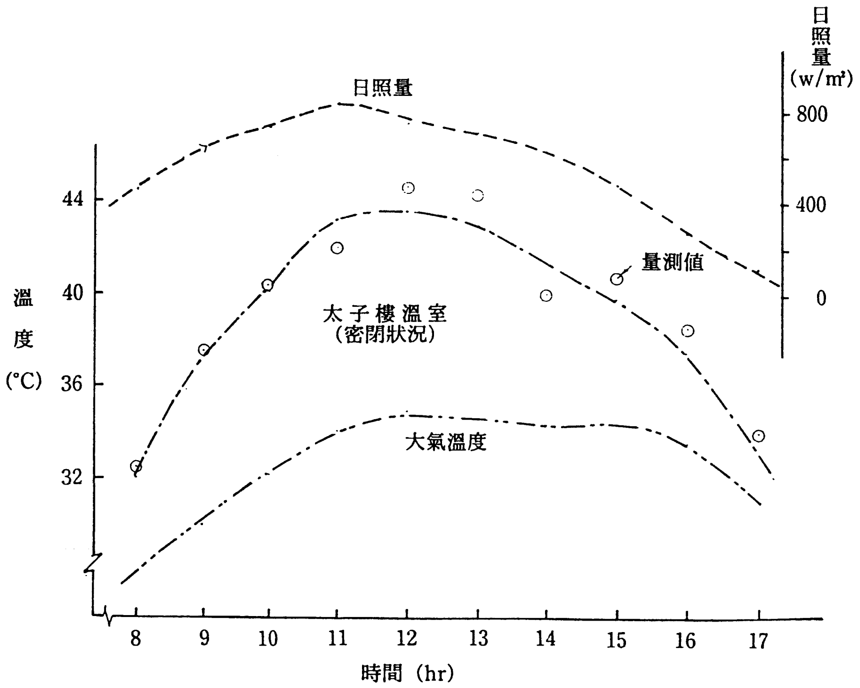


圖3a. 山型溫室環境模式驗證（密閉狀態）

Fig 3a. Verification of environmental model for gable-type greenhouse (Close system)

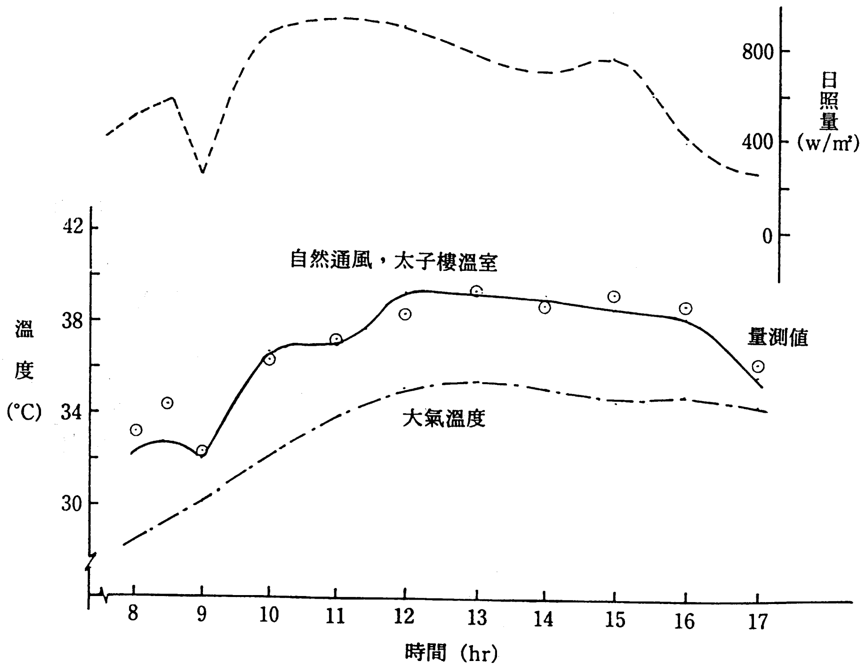


圖3b. 山型溫室環境模式驗證（自然通風狀態）

Fig 3b. Verification of environmental model for gable-type greenhouse (Natural ventilation)

1. I_s 增加時，I_s＞400w/m²，GE＝25w/m²
2. I_s 增加時，I_s＜400w/m²，GE＝15w/m²
3. I_s 減少時，I_s＞400w/m²，GE＝－35w/m²
4. I_s 減少時，I_s＜400w/m²，GE＝－15w/m²

以獨立於圖3a、b之量測數據，加以比較模式之預測能力，結果顯示預測能力十分良好。典型之圖形如圖3c，在量測當日中間間隔時期以機械通風，通風量每分鐘約為0.6倍溫室體積，此溫室之外遮蔭裝置未加遮覆，有42％之日射能進入溫室內部，依未通風密閉狀態之預測性，其溫室效應將使室溫增加18°C左右，而由通風風扇未開啓時（8：30分至10：30分，15：30分至17：30分）之量測值與預測值比較可知其預測能力良好。在通風狀態，日射能並非穩定分佈，因此室溫亦有高低起伏分佈，圖3c中虛線之預測值曲線與量測值之符合性良好，平均誤差值（D_l）約為1.5°C。

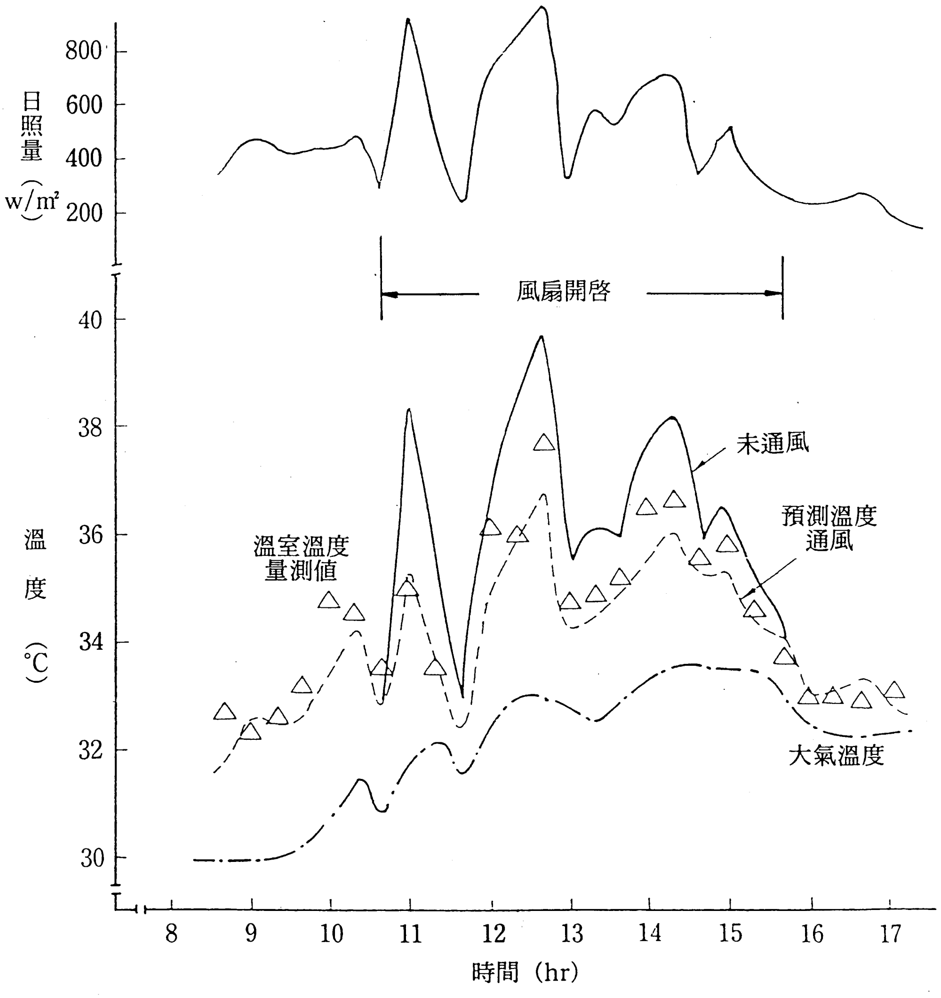


圖3c. 山型溫室環境模式驗證（機械通風）

Fig 3c. Verification of environmental model for gable-type greenhouse (Mechanical ventilation)

模式對溫度、濕度的預測能力比較圖亦於圖3d，3e。圖3d中，溫室遮蔭且兩側密閉，溫室效應使溫室內部增加約12°C，預測曲線能夠適當的描述此結果。溫室內相對濕度因加溫而降低，預測值曲線亦能反映其分佈趨勢，其平均誤差值爲3.0%，最大誤差值約爲5.0%。

圖3e中大氣日照量隨時間之分佈並不穩定，溫室爲外遮蔭與自然通風狀態，溫度之預測曲線與量測之差異均在1°C以內，相對濕度預測曲線之誤差量皆在2.5%之內，由此可知在日照量不穩定之大氣狀況下，模式仍具有良好的預測能力。

(二)雙層溫室

雙層溫室爲集熱需要，儘量使其密閉性良好，且無外遮蔭裝置，以驗證用量測數據配合環境模式加以校正參數值，其典型結果如圖4a。在最佳準確性之情況所得參數值：週壁傳導係數（U_k）：4.1w/m²，週壁對流係數（H_v）：0.12w/m²，而 τ_e 值爲0.64。由於其地面覆蓋黑色塑膠布以增加集熱能力，GE 值如下：

1. I_s 值增加且大於250w/m²，GE＝40w/m²
2. I_s 值增加且小於250w/m²，GE＝20w/m²
3. I_s 值減3且大於250w/m²，GE＝－50w/m²
4. I_s 值減3且小於250w/m²，GE＝－25w/m²

圖4a中量測值與預測值之平均誤差約2°C，溫室內溫度高於大氣溫度約30°C，顯示雙層塑膠布之良好集熱能力。

圖4b係利用與參數校正用數據不相關之量測數據加以驗證模式之預測能力，其溫室效應使室溫大於氣溫30°C左右。溫度預測曲線之平均誤差於1.5°C左右。相對濕度之平均預測誤差約3.0%。顯示此環境模式適用於雙塑膠布溫室之環境預測。

由上述兩型溫室內之環境量測值與模式預測值之比較可知已建立之環境模式有良好的預測能力，其溫度最大預測誤差不超過2.5°C，相對濕度之最大誤差不大於5.0%，因此此模式可做爲良好的模擬工具，用以進行溫室之合理化規畫，其部份應用方法討論於如下章節。

三、溫室內部地面水份之降溫效果

國內農民於溫室栽培作業中，爲在夏日進行降溫作業，已有利用植床底下開溝灌水，或在混凝土表面加以淹灌。實地調查結果顯示其降溫作用未有一定之效果。在此研究中，將山型溫室地面設置積水水池，模擬農民夏日地面之降溫作業方式，並以實測值與溫室未設置積水池之微氣候預測值以比較評估其降溫能力。

由微氣候量測結果可知，在無通風作業時，地面積水無降溫效果，此由圖5ａ中，在外遮蔭之條件下，自8：30分至10：30分之數據可知，量測值與預測值十分符合。在10：30分風扇開啓之後，實測值與預測值（地面未有積水之情況下溫室內部應有之溫度）。比較有低下之現象，其降溫效果約爲0.5～1.5°C之範圍，此原因可解釋爲地面水分之蒸發以潛熱方式帶走部份內部空氣之顯熱，而通風作用再將此熱源帶離溫室，達到降溫效果。

圖5b顯示在未遮蔭且通風良好的情況下，溫室地面所置水份對降溫之影響，虛線代表以模式所預測在地面未置水份時之溫度與濕度值。由溫度之實測值可知圖地面水汽之蒸發，其降溫效果約2～3°C，而在相對濕度之比較中，量測值均顯著高於預測值，顯示溫室內空氣因水蒸氣之加入使濕度值增加，其降溫效果在於強日照時有更多水份轉換成蒸氣。

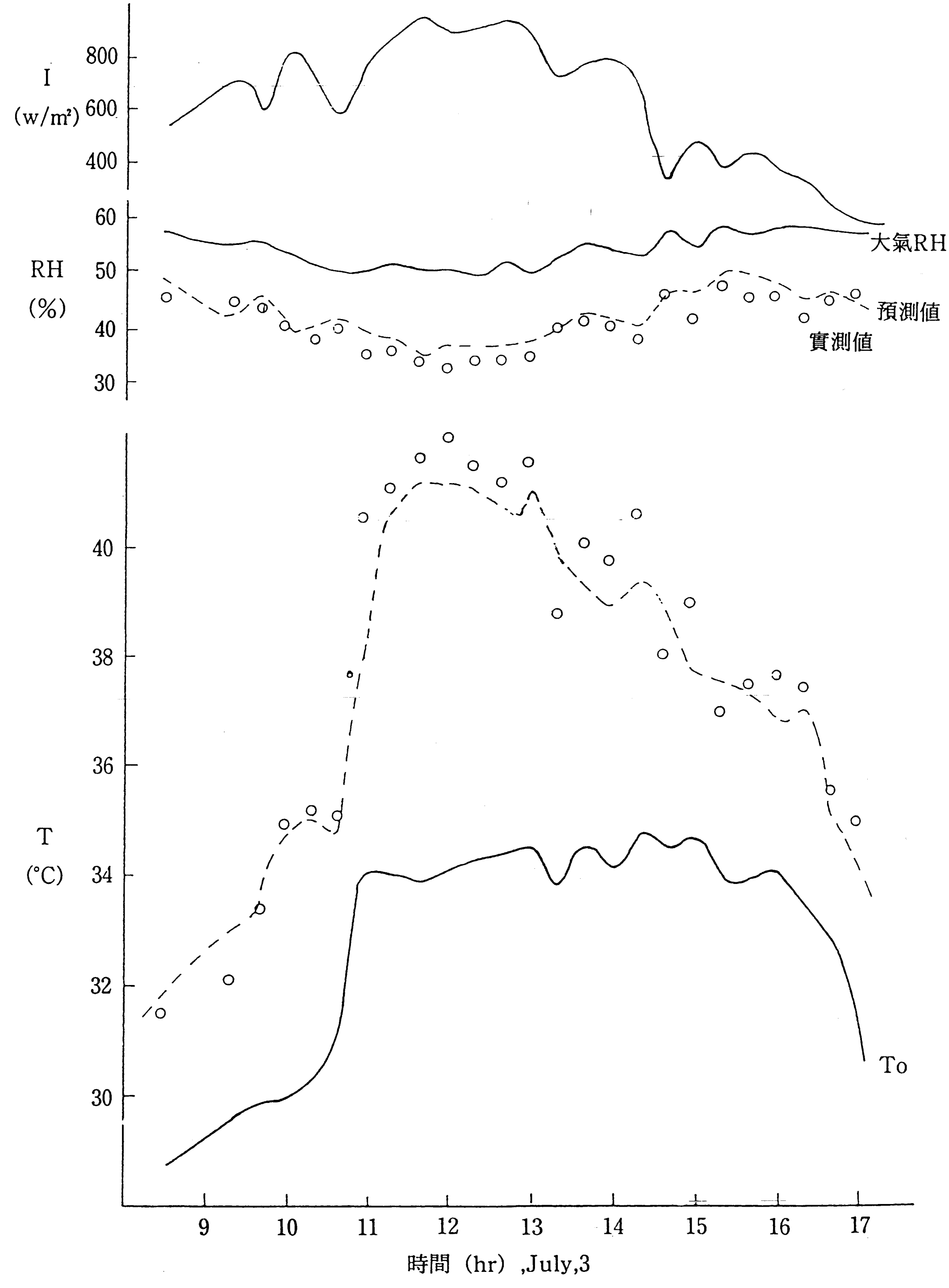


圖3d. 山型溫室環境模式驗證（密閉狀態、溫度、濕度）

Fig 3d. Verification of environmental model for gable-type greenhouse (Close system. Temp. RH)

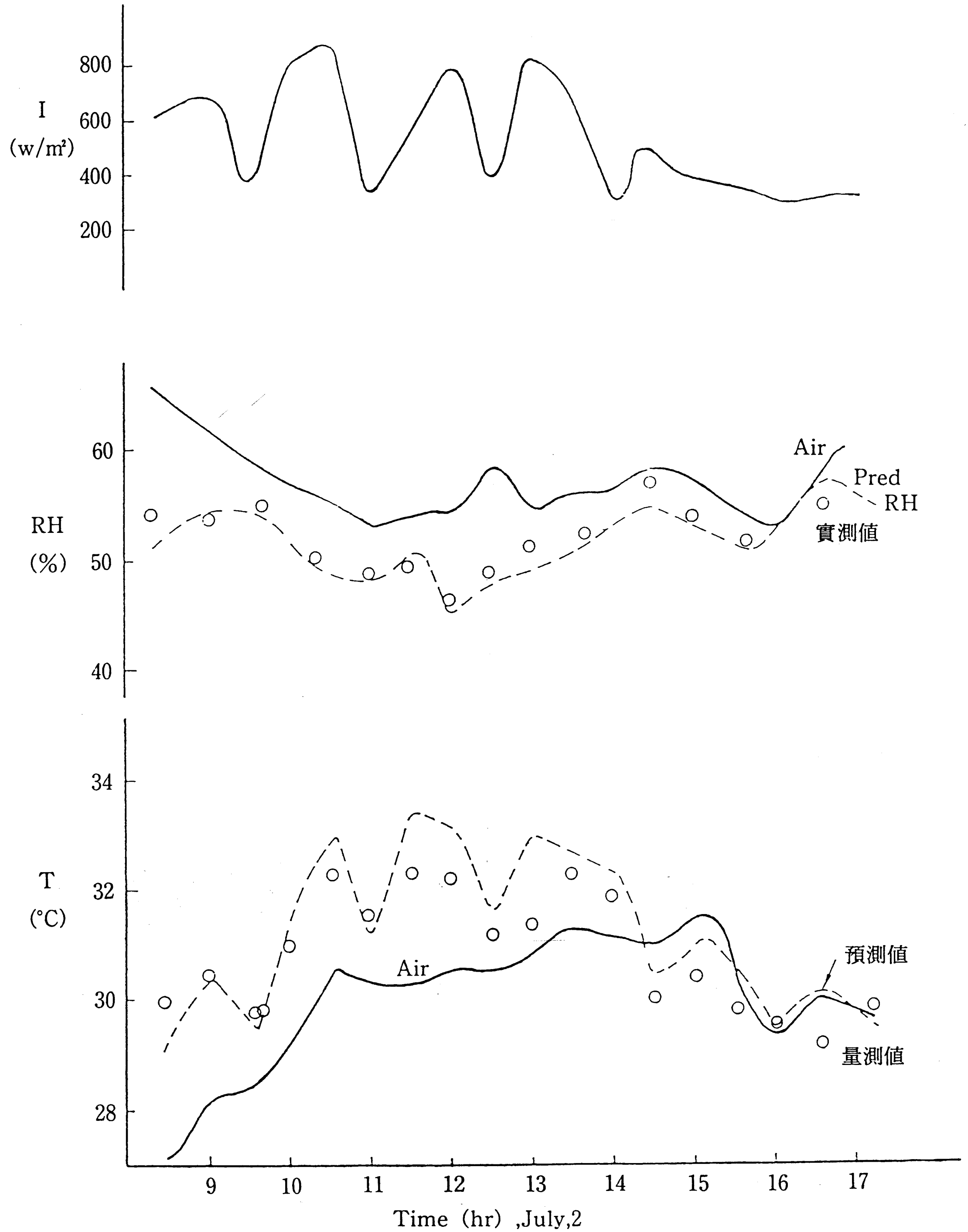


圖3e. 山型溫室環境模式驗證（自然通風、溫度、濕度）

Fig 3e. Verification of environmental model for gable-type greenhouse (Natural ventilation. Temp. RH)

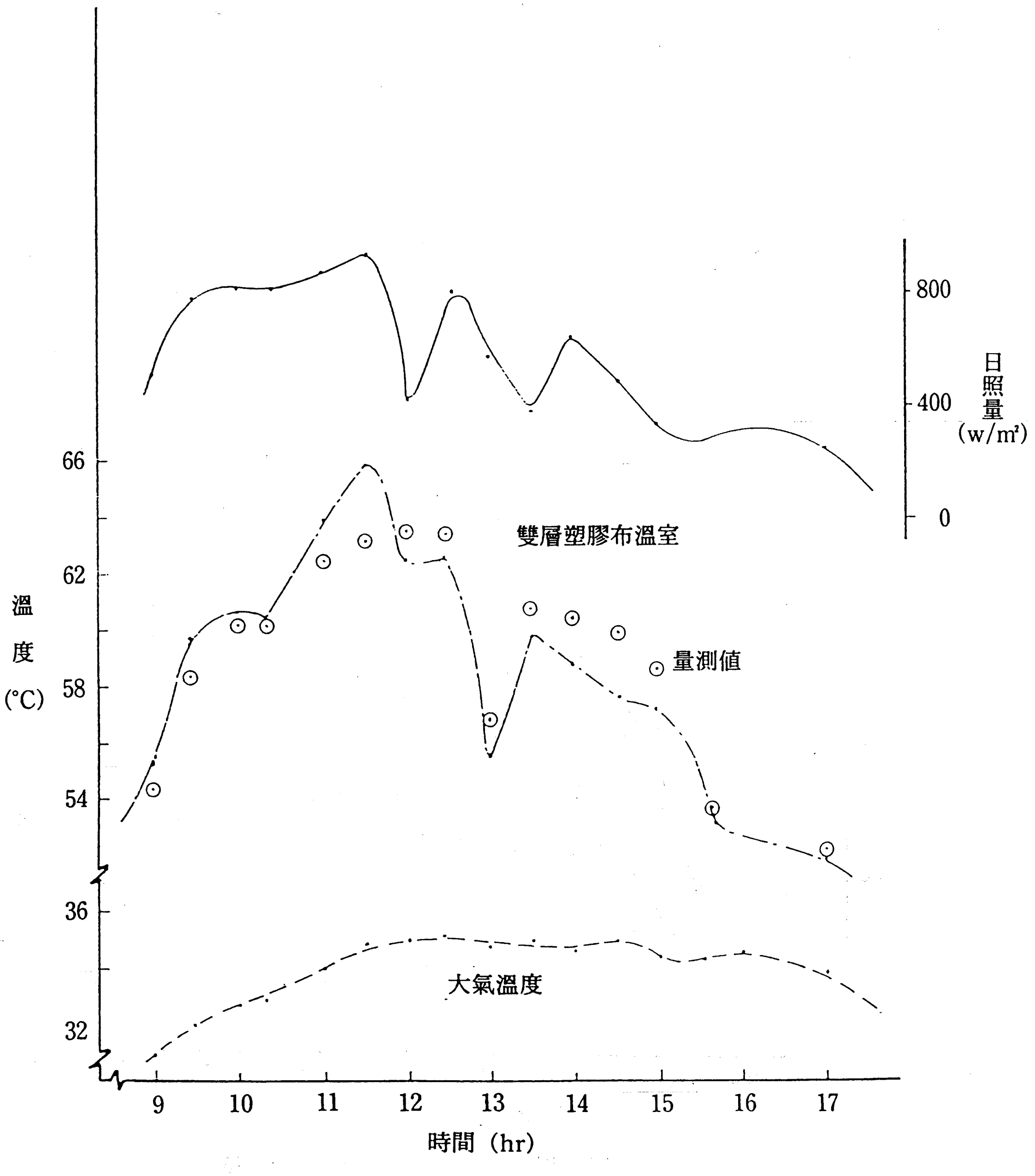


圖4a. 雙層溫室環境模式驗證（溫度）

Fig 4a. Verification of environmental model for double-layer greenhouse (Temp.)

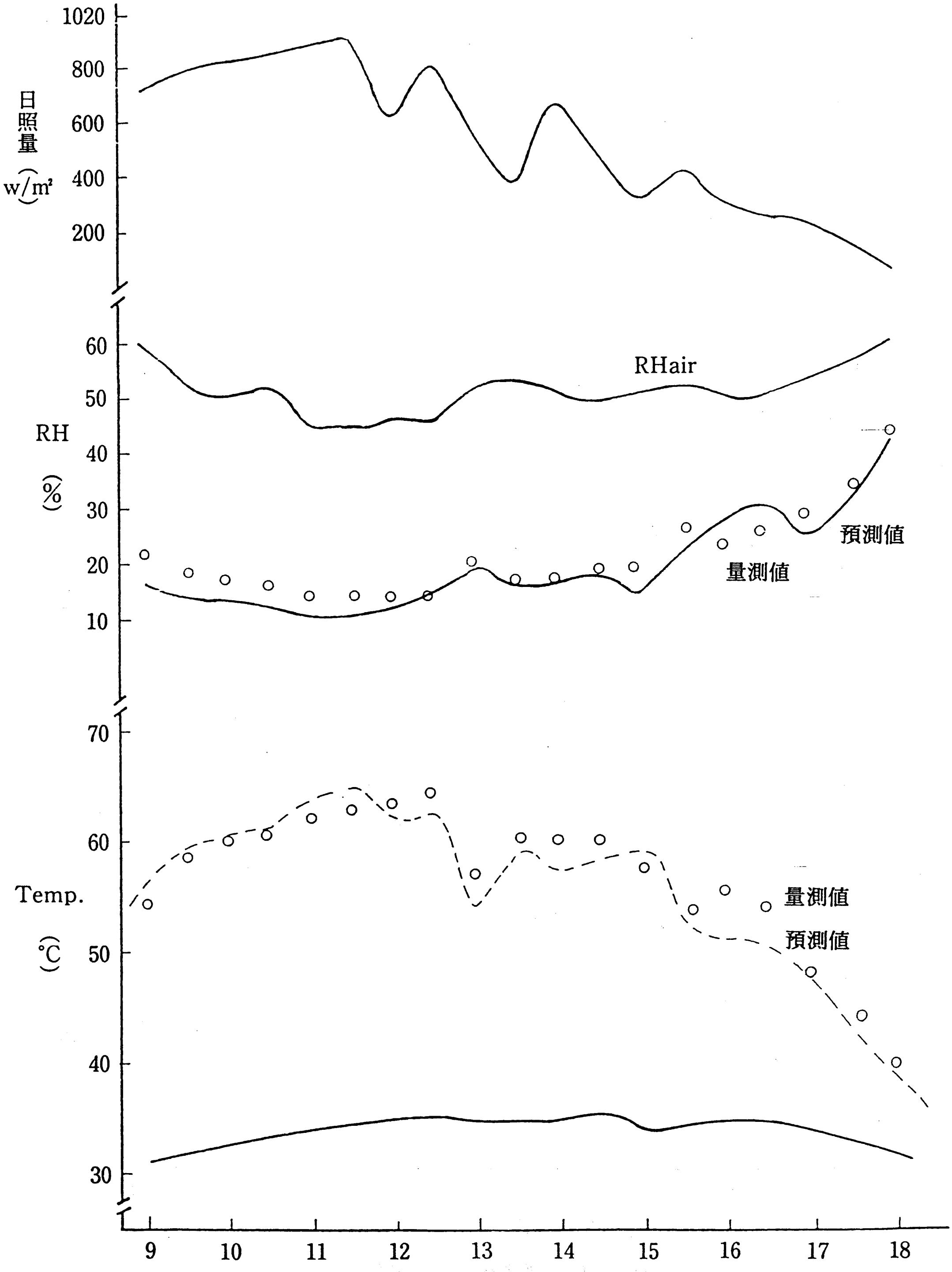


圖4b. 雙層溫室環境模式驗證（溫度與相對濕度）

Fig 4b. Verification of environmental model for double-layer greenhouse (Temp. and RH)

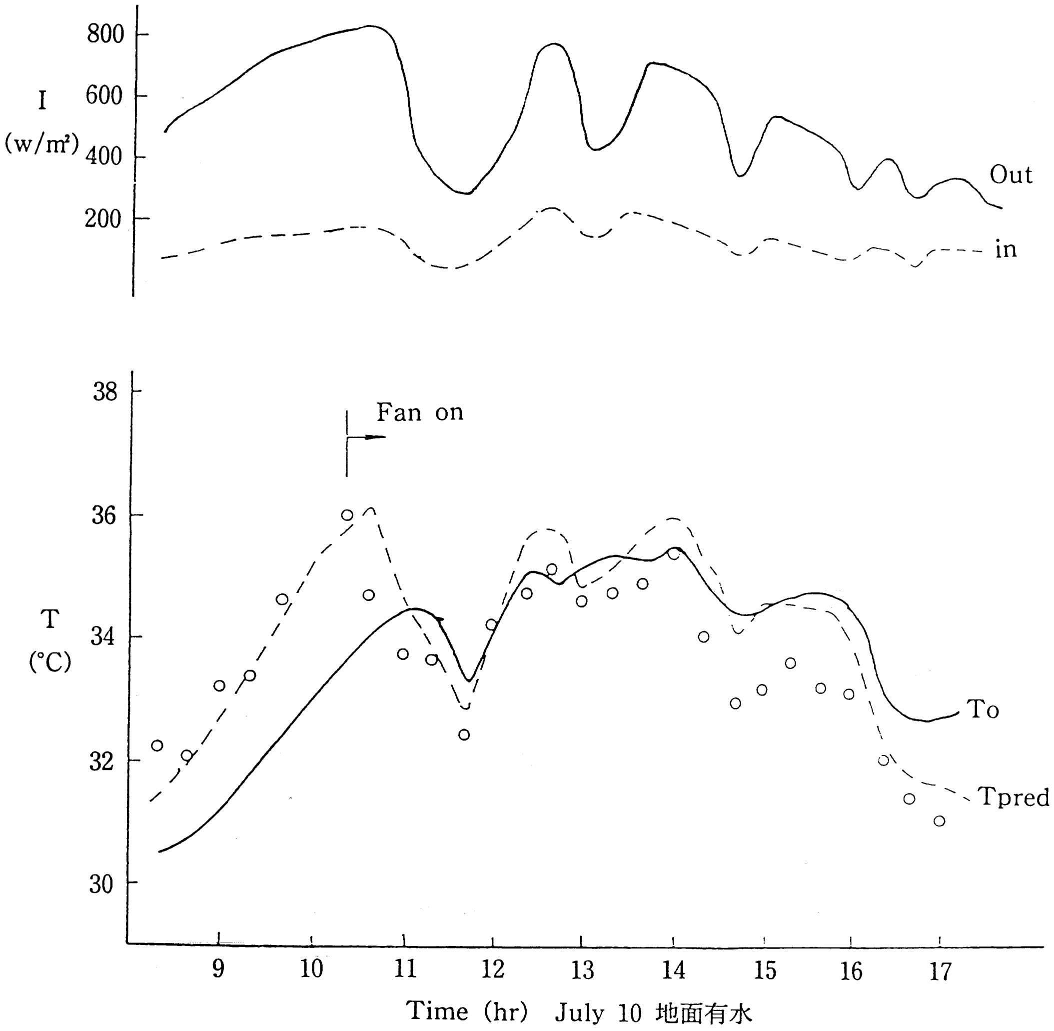


圖5a. 地面積水對溫室微氣候之影響（遮蔭）

Fig 5a. The effect of greenhouse microclimate for the accumulated water on the ground (Outside shading.)

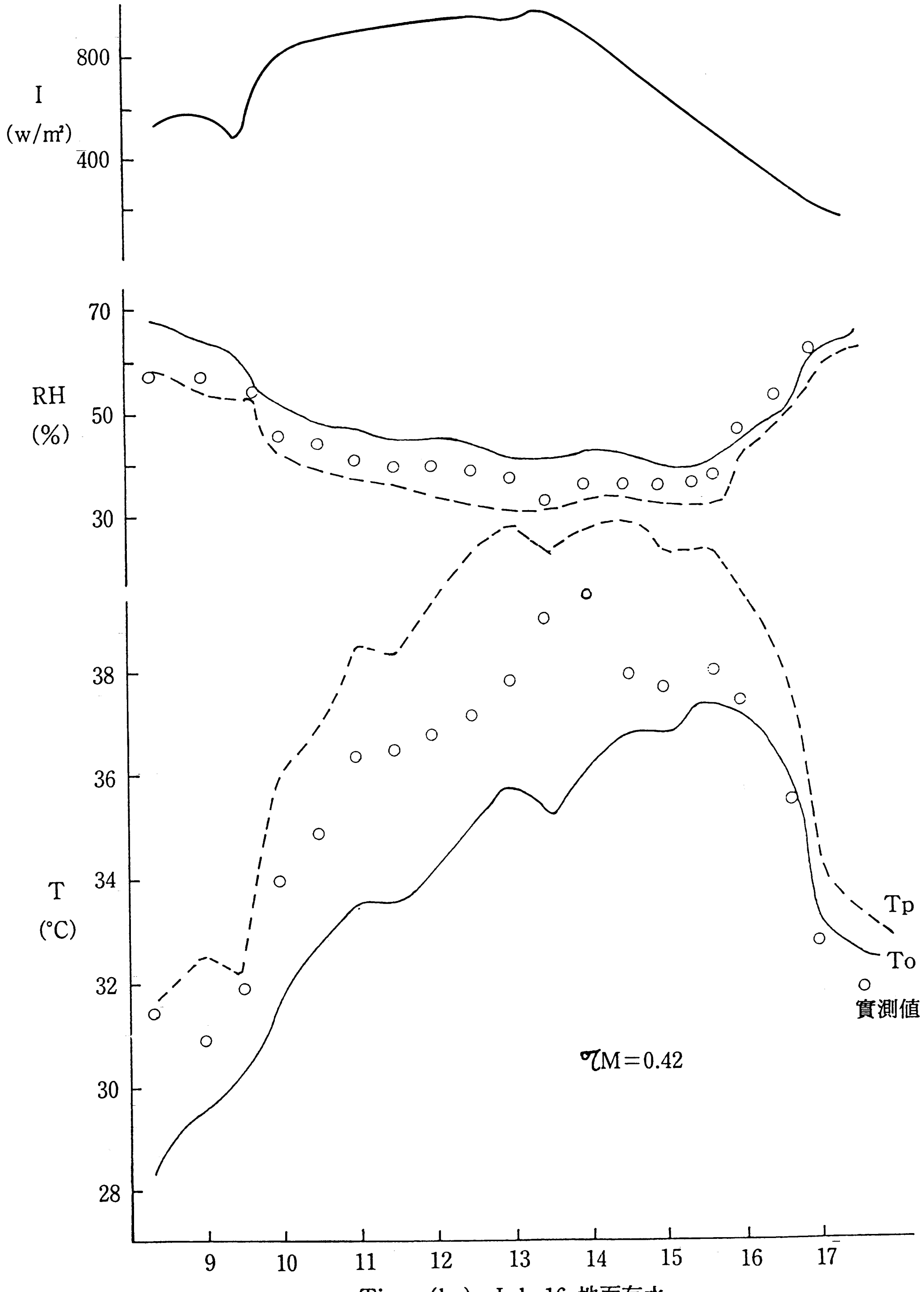


圖5b. 地面積水對溫室微氣候之影響（不遮蔭）

Fig 5b. The effect of greenhouse micro climate for the accumulated water on the ground (No shading.)

由上述結果可知，地面積水有部份降溫之效果，其效應爲蒸發冷卻之應用，但因此種效果僅在強日照且配合通風時才有降溫能力。對實際之降溫效果仍是有限。

由此種量測值與模式值之比較，可知良好之預測模式可用以爲溫室合理化規畫之用。

四、反應時間對模式預測性之影響

此環境模式之基本假設在於其時間不相關，爲外界環境之快速反應（Rapid response）結果，而土壤熱流量以一定值 GE 代表。爲檢驗此假設性是否合理，將模式之熱量傳遞模式假設爲時間相關用以討論其反應時間對預測值之影響。

在簡化分析作業中，溫室內長波熱幅射可合併於周壁熱傳導之項次(6,14)，植物呼吸作用所消耗之能量可自太陽能入射值有效能量項內扣除。

在考慮反應時間時，方程式(1)改寫如下，其符號與公式(1)相同，C_1 C_2 與 C_3 爲計算用常數，

$$\rho V_g C_a \frac{dT_i}{d_\theta} = [k_1 + k_2 T_o + k_3 T_e] - (k_2 + k_3) T_i \quad \cdots\cdots (5)$$

V_g＝溫室體積（m^2）

$$k_1 = \tau_e IA_f (1 - C_1 (C_2 + T_i)) \quad \cdots\cdots (6)$$

$$k_2 = (U_k + H_v) A_w + C_3 \quad \cdots\cdots (7)$$

$$k_3 = \rho M' C_p \quad \cdots\cdots (8)$$

公式(5)可改爲如下形式：

$$\frac{dT_i}{d_o} = A - BT_i \quad \cdots\cdots (9)$$

$$A = (k_1 + k_2 T_o + k_x T_e) / \rho Vg C_a \quad \cdots\cdots (10)$$

$$B = (k_2 + k_3) / \rho Vg Ca \quad \cdots\cdots (11)$$

對公式(9)而言，此一階微分方程式之初値條件：

$$\theta = 0, T_i = T_o \quad \cdots\cdots (12)$$

因此通解値爲

$$T_i = \frac{A}{B} + [T_o - \frac{A}{B}] e^{-Bt} \quad \cdots\cdots (13)$$

以山型塑膠布之參數條件和結構條件代入公式(13)，假設大氣環境之條件 I ＝730w/m², T_o＝32.2 °C, RH＝60%，其結果分析如下：

1. 在密閉狀態：

$$T_i = 42.84 - 10.64 \text{ Exp } [-1.03 \times 10^{-2} \cdot t] \quad \cdots\cdots (14)$$

2. 在自然通風狀態：

$$T_i = 35.84 - 3.64 \text{ Exp } [-1.82 \times 10^{-2} \cdot t] \quad \cdots\cdots (15)$$

3. 在機械通風狀態：

$$T_i = 33.06 - 0.84 \text{ Exp } [-7.8 \times 10^{-2} \cdot t] \quad \cdots\cdots (16)$$

可知在密閉狀態，其反應速率最爲緩慢，但以實際時間值代入計算，t ＝1min, T_i＝37.1°C, t ＝2min, T_i＝39.8°C, t ＝5min, T_i＝42.4°C, t ＝＝10min, T_i＝42.82°C，在時間趨於無限大時，T_i＝42.84°C，可知在密閉狀態反應時間5分鐘之後其誤差值在0.6°C之內，而以機械通風作業而言，公式(15)中，t ＝1min時，Ti＝33.05°C，可知其反應速率極爲快速。

B值可用以代表溫室環境模式對外界大氣環境變化時反應之速率。B 值愈大代表反應時間愈快，d^T/d_θ 值之變化量愈小，愈能合乎變化時間不相關（Time-independent）的假設。由B值之公式

(11)，B 值增大的有利條件爲週壁熱傳導係數（U_k, H_v）增大，通風量（M_t）增加，溫室週壁面積（A_w）增大，而溫室體積（V）減少。

對荷蘭兩型溫室 Venlo 型與 Widespan 型而言[(2)]，在未有機械通風裝置僅利用自然通風以調整溫室內微氣候之情況下，B 值愈大代表與外界之環境反應愈快速，在未做環境控制之前即受外界影響，因此荷蘭溫室業者對溫室環控之要求即在於其對外界之變化反應越慢越良好，其環控設備係以天窗角度改變通風量加以調整以穩定內部環境。兩型溫室中 Wide-Span 型比 Venlo 型在同一地面面積下，體積增加33.3%，以公式(11)中B值而言，Wide-Span 之 B 值比 Venlo 型小，因此對環境反應愈遲緩，對以利用自然通風方式進行環控更爲有利，此結論可以說明溫室模式之應用性。

在連棟溫室中，其溫室總面積與體積之關係均不同於此研究所用單棟溫室，因此此型溫室內溫濕度在外界環境變化時其反應時間之影響必須另外加以量測驗證。

五、敏感度分析

模式經驗證以建立其預測能力後，其重要用途之一在於進行模擬以減少昂貴費時之多次重覆試驗。在進行模擬作業時變動單一項目數值而固定其他條件，以進行此變動參數的影響程度，此方式稱爲敏感度分析（Sensitivity Analysis）。

在此研究之敏感度分析作業中，以高日照量和低日照量兩種天氣狀況下進行比較。

(一)高日照量

典型高日照量之天氣狀況如圖6所示，日照量於上午時最強，數值均接近1000w/m²，相對濕度之分佈恰爲相反，下午時最低値約50%，而溫度以午後13：00至14：00時最高。

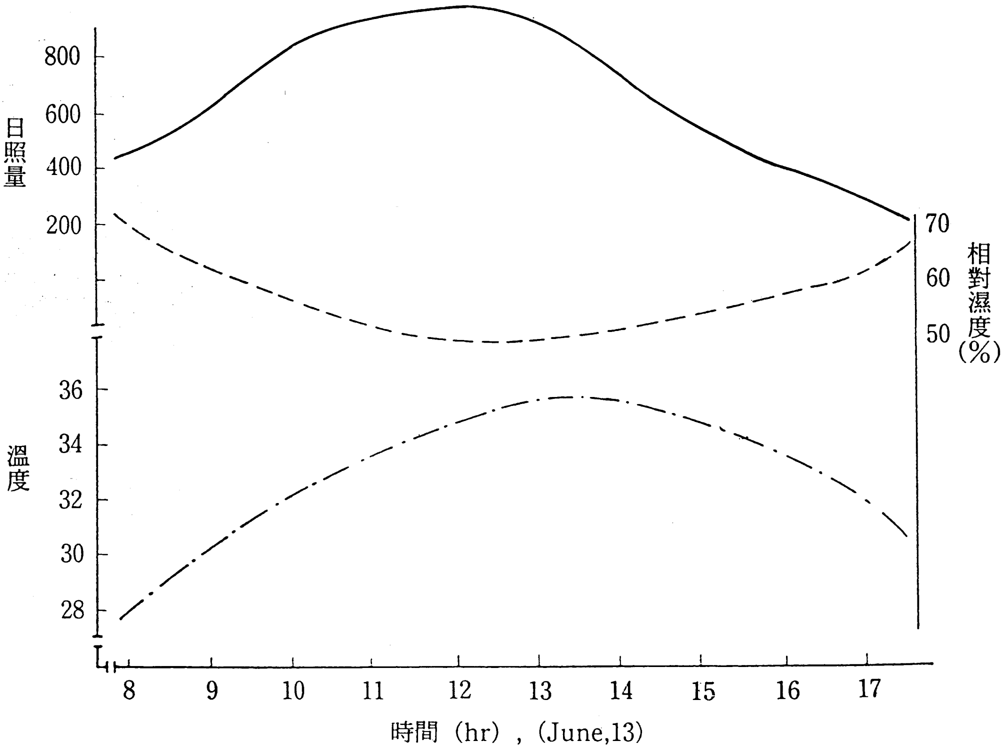


圖6. 典型之高日照量大氣環境

Fig 6. Typical air environment of high solar intensity

以山型溫室進行敏感性分析，不同的太陽能量穿透率對溫室內之影響如圖7所示。對一般塑膠布設施而言，其日照量有效穿透率（τ_e）在0.7～0.8之間，其產生之溫室效應極爲顯著，在τ_e＝0.7之條件，中午11：00至14：00時，溫室內溫度增加約20°C左右。而塑膠布在經年使用後因灰塵影響使穿透率遞減，在 τ_e＝0.4，溫室效應之影響使溫室內部溫度增加約10°C左右。若具有遮蔭設備使 τ_e 值僅爲0.2，最高之溫室效應值約爲4°C，可知在本省地區太陽能量之遮蔭作業十分重要。

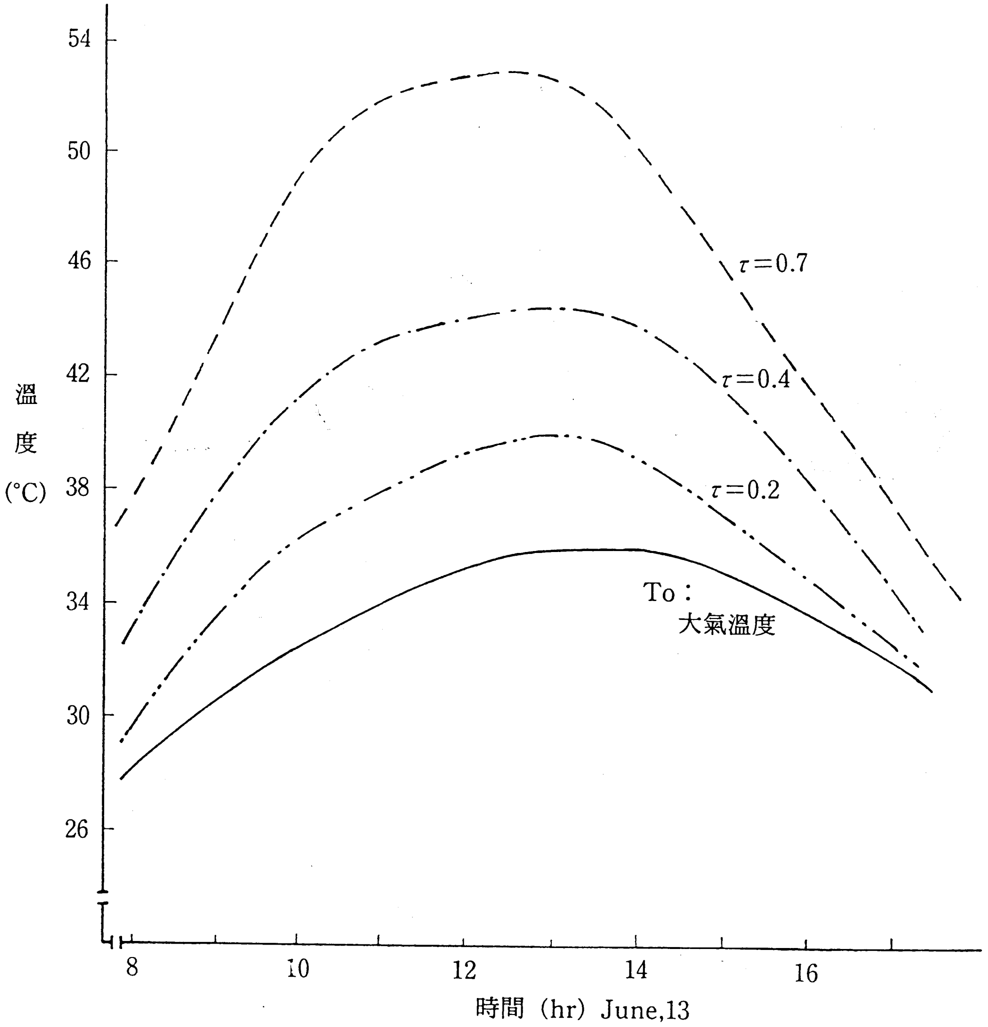


圖7. 高日照量時溫度之模式敏感性分析：遮蔭影響

Fig 7. The model sensitivity analysis for temperature in high solar intensity : shading effect.

在高日照量下，高太陽能穿透比例值（τ_e=0.7）時，各種通風效果之分析如圖8，溫室效應使溫室內部溫度（T_h）約增加20°C，在自然通風之情況下（兩側打開，與太子樓頂形成熱流通路，其溫度爲 T_n），溫室效應之影響則大爲減少，溫室內外溫度差約6～7°C。在械械通風最大通風最爲每分鐘1.2倍溫室體積時，溫度以 T_f 表示，溫室內部仍高於外界約3～4°C。若溫室其有冷水牆（Fan and Pad）或噴霧（Spraying）裝置以蒸發冷卻之作用加以降溫。（溫度 T_e），溫室內溫度僅略低於外界溫度。

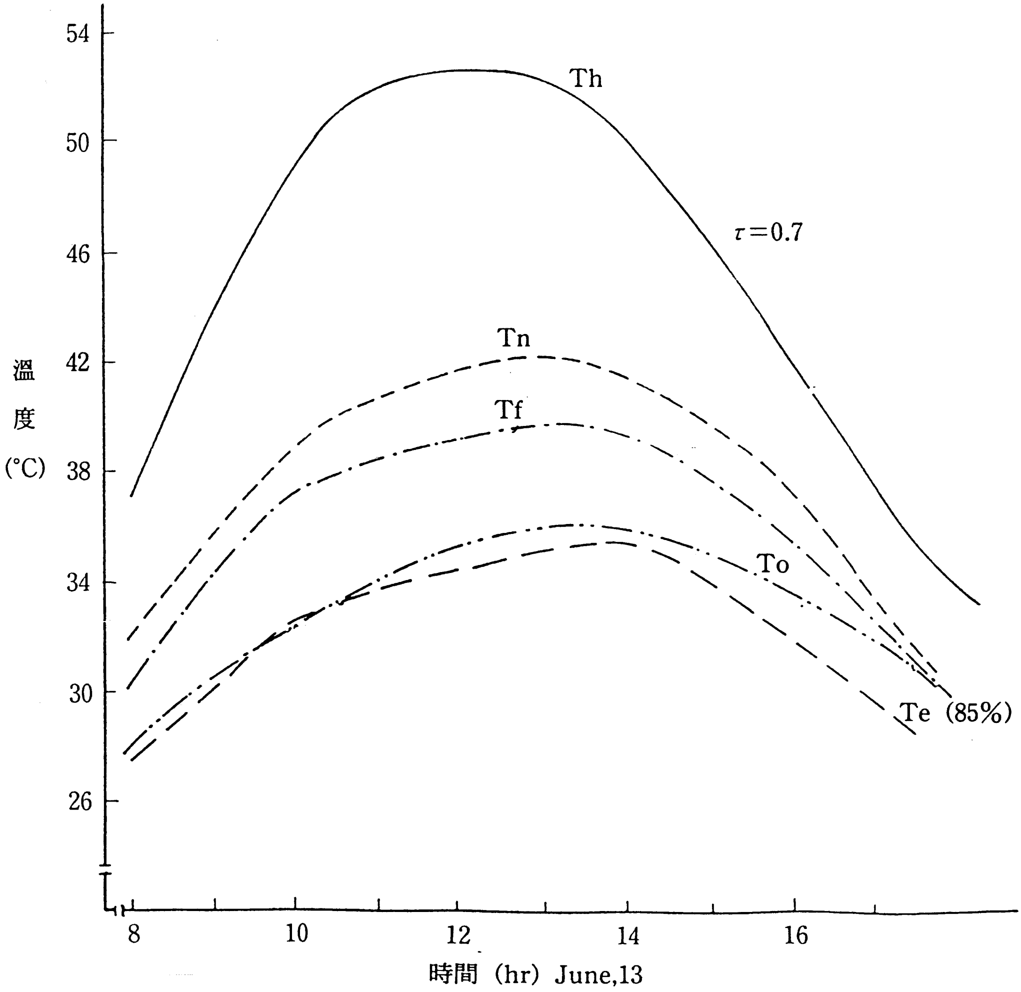


圖8. 高日照量時溫度之模式敏感性分析：高透光性之通風效果

Fig 8. The model sensitivity analysis for temperature in high solar intensity : Ventilation effect in high tramsmittance.

高日照但具有良好遮蔭裝置（τ_e=0.2）時，各種通風效果之分析於圖9。溫室效應使溫室內溫度（T_n）高於外界約5～6°C。自然通風之情況下，溫室內溫度（T_f）與外界大氣溫差約2°C，機械通風時，利用每分鐘1.2倍，溫室體積通風量其效果可使溫室內部之溫度（T_f）與外界之差距小於1°C。蒸發冷卻作用在此情況下可發揮其降溫效果，在正午階段，可使溫室內溫度（T_e）低於外界約4～5°C。

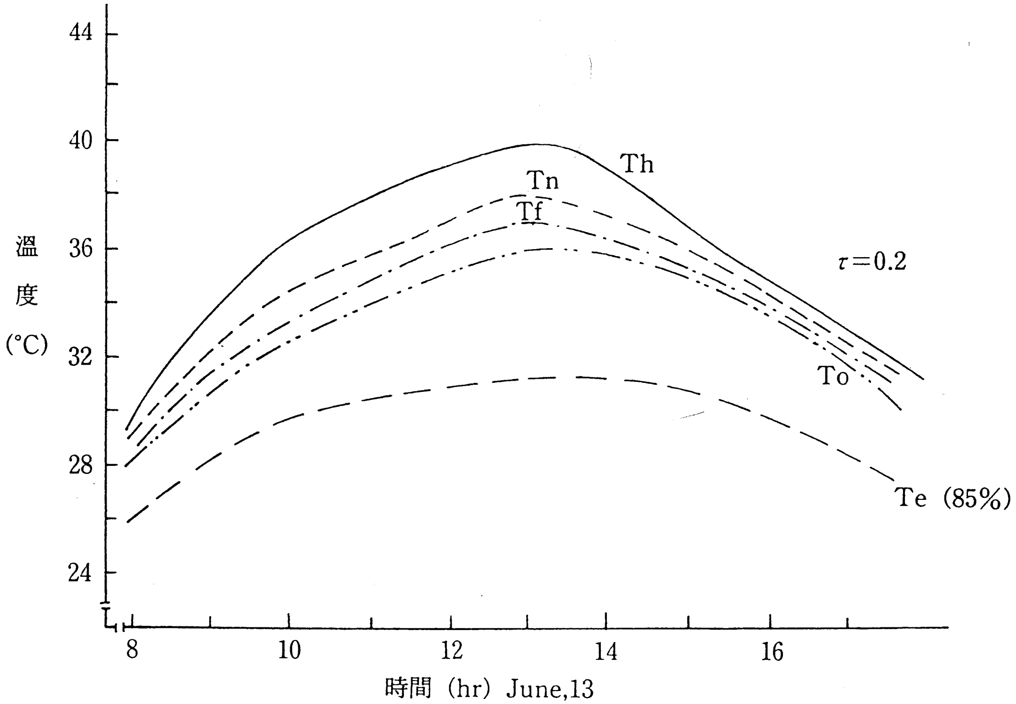


圖9. 高日照量時溫度之模式敏感性分析：低透光性之通風效果

Fig 9. The model sensitivity analysis for temperature in high solar intensity : Ventilation effect in low transmittance.

㈡低日照量

典型低日照量之天氣狀況如圖10所示。當日為多雲的陰天，日照量僅在正午期間超過400w/m²，其相對濕度值在75～90%左右，而溫度則於23～27°C之範圍。

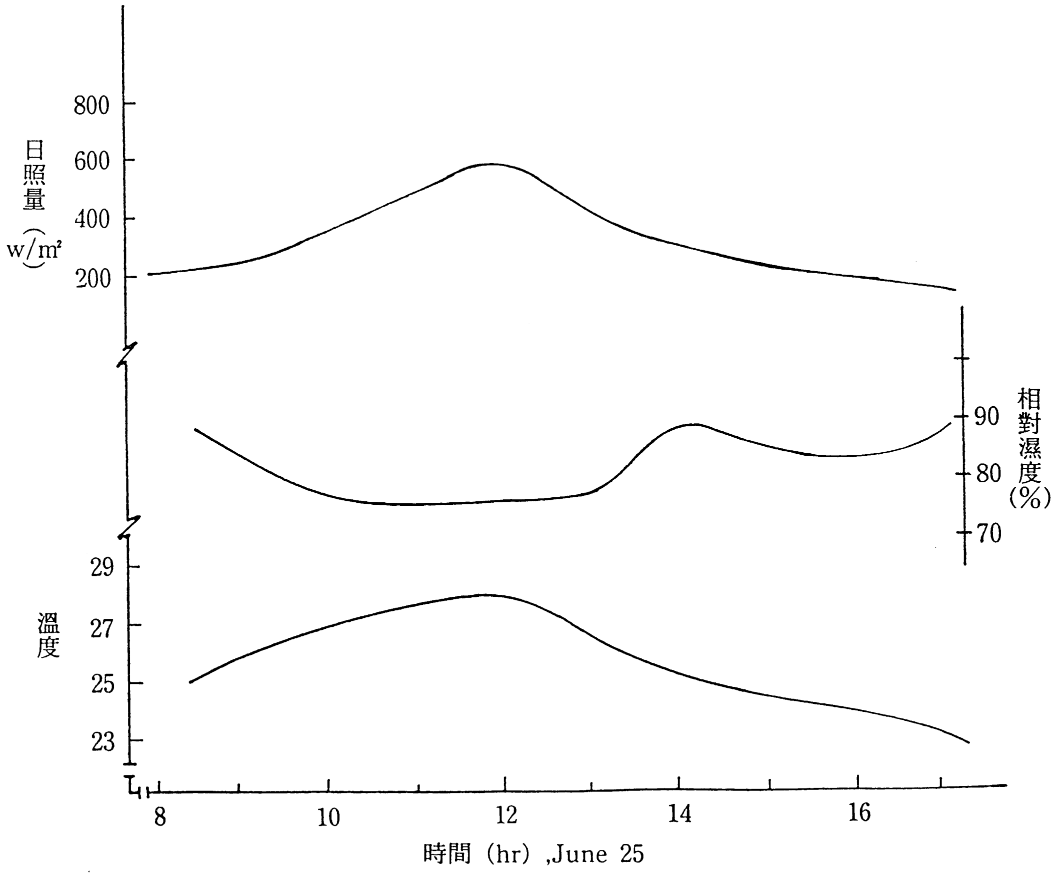


圖10. 典型之低日照量大氣環境
Fig 10. Typical air environment of low solar intensity.

在高日照能穿透性的狀況（τ_e=0.7），溫室內溫度（T_n）值早晚大於外界溫度（T_o）約6°C，而在正午期間溫差最高約13°C，可知在低日照量時溫室效應仍不可忽視。自然通風可使室內溫室（T_n）大於外界約4°C，機械通風之溫度（T_f）則大於外界（T_o）2°C左右。值得注意的蒸發冷卻效果因處於高濕狀況，其降溫能力不良，出現大於外界溫度之結果。

相同大氣狀況下，在太陽能量穿透率為0.4時，通風效果之比較如圖12。機械通風之效果使室內溫度（T_f）高於外界2°C左右。蒸發冷卻設備之作業效率於85%時，其有效降溫溫度略低於大氣溫度，但在55%之作業效率下，無法使室內溫度高於外界溫度。

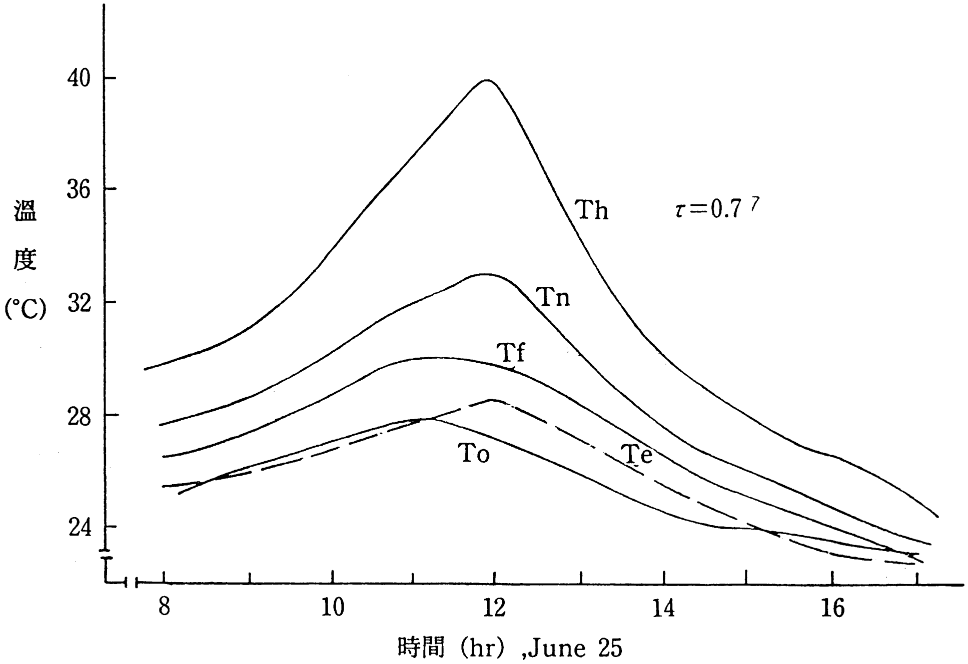


圖11. 低日照量時溫度之模式敏感性分析：通風效果

Fig 11. The model sensitivity analysis for temperature in low solar intensity : Ventilation effect

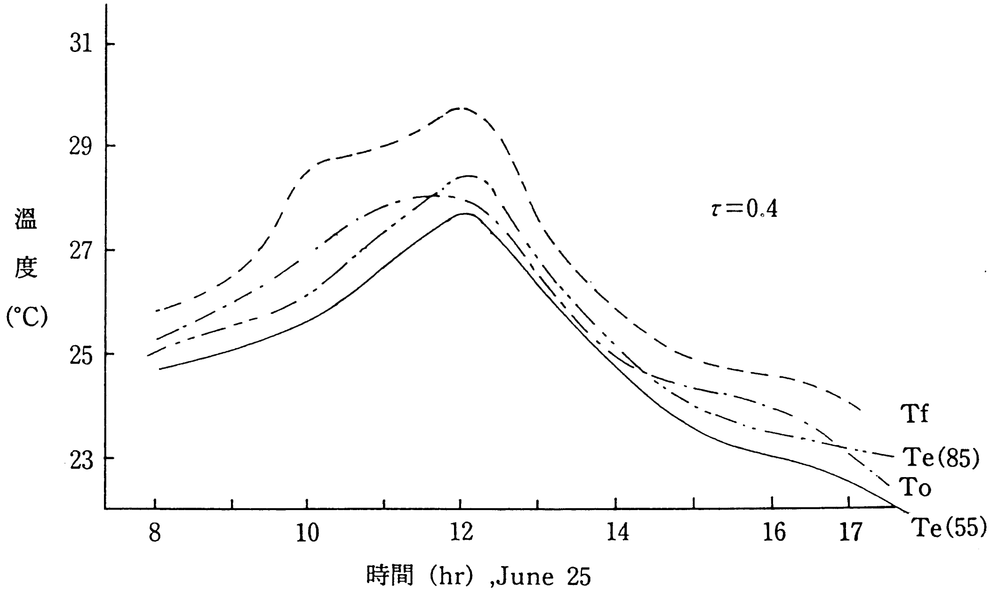


圖12. 高日照量時溫度之模式敏感性分析：蒸發冷卻效率之影響

Fig 12. The model sensitivity analysis for temperature in low solar intensity : Effect of evaportive cooling efficiency.

由上述兩種日照量之大氣環境，各種環控作業之分析得知，溫室內日照量對於溫度有顯著之影響，在高穿透性時，高日照時溫度效應約20°C，低日照量時亦有12°C之溫差，且在高日照能之狀況下蒸發冷卻設備並不能有效地降低溫室溫度，針對本省高日照能之作業環境，為能有效地避免溫室內出現熱累積現象，遮蔭設備為本省溫室環控必備之裝置，此結果亦可解釋本省玻璃溫室雖然具有精密環控設備而在夏季仍無法達到降溫之功能，玻璃溫室之設計係源自北緯度低日照量之國家，為求得到足夠之太陽能，其玻璃溫室設備，有大量之太陽能進入溫室內，而以蒸發冷卻設備所供應之冷風不足以完全排出熱累積量，因此降溫效果不良。此外，傳統所用冷水牆在高濕環境容易因生苔而降低工作效率，此更使降溫性能無法作用。

對於溫室內部之夏日降溫求，由敏感度分析得知必須在下列條件兼備時才能發揮作用(1)外界相對濕度低，(2)進入溫室內日照能之比例小，(3)蒸發冷卻裝置具有良好效率。因此以良好遮蔭裝置（遮蔭網的裝置）配合蒸發冷卻裝置的良好維護，在外界高溫低濕之下才能使其發揮效果，而其降溫效果在理論上不能低於當時之濕球溫度。

六、環控性能

在溫室環控作業中，利用自然通風，機械通風或蒸發冷卻設備都可以達到環境控制之目的。在昇溫之要求條件下，藉由溫室效應和加熱器即能控制溫室內部溫度之增加，且可以以環境模式加以預測，而在降溫的要求下，各種環控設備所能作用之降溫極限，以環境模式加以探討。

假設溫室之環境變化為即時反應，即其反應時間可以忽略，公式(5)d_{Ti}/d_{θ}值為零，此公式改寫為：

$$T_i=\frac{k_1+k_2\ T_o+k_3\ T_e}{k_2+k_3} \quad \cdots\cdots (17)$$

以能量之觀點而言，k1 指進入溫室內部轉化為內部空氣溫度增加之熱能，k_2 為四週週壁對外界熱傳與內部長波熱輻射損失之影響量。k_3 為通風作業之影響量。溫室環控作業之效果討論如下：

(一)溫室效應：

在密閉狀態下，k_3 值為零，溫室效應之溫度差為（T_i-T_o）值，自公式(16)可知，

$$\triangle T=T_i-T_o=k_1/k_2 \quad \cdots\cdots (18)$$

k_1/k_2之比值即為溫室內溫度所能增加值。

(二)自然通風

在自然通風時，進入溫室內部之空氣溫度（Te）等於大氣溫度（To），因此公式（17）可改寫為：

$$T_i=\frac{k_1}{k_2+k_3}+T_o \quad \cdots\cdots (19)$$

可知溫室內溫度將高於外界溫度，因 k_3 值大小有其限制，（k_2+k_3）與 k_1 值之比例可用以做為溫度調整之用。

(三)機械通風

在機械通風作業時，進入溫室內部之空氣溫度（T_e）值與 To 值相同，公式(19)可適用此情況，但因通風量增加；（k_2+k_3）值往往超過了 k_1 值，因此 $T_i \cong T_o$，即溫室內溫度可使接近外界溫度，換言之利用機械通風之降溫極限為與外界溫度相等。

(四)蒸發冷卻作業

在利用冷水牆或噴霧降溫作業，進入溫度內之空氣溫度（T_e）可計算如下：

$$T_e=T_d-E_f\ (T_d-T_w) \quad \cdots\cdots (20)$$

T_d, T_w 分別為大氣乾濕球溫度，E_f 為設備作業效率，公式(7)可改寫為：

$$T_l=\frac{k_1/k_3+k_2/k_3+T_e}{k_2/k_3+1} \qquad (21)$$

因此 T_l 值高於 T_e 值（由公式(20)可知 T_e 值可低於 T_o），其差異量由 k_1/k_3, k_2/k_3 之比值決定。

在 k_3 遠大於 k_1, k_2 之理想狀態，$T_l \cong T_e$，即利用蒸發冷卻設備所能降溫之極限在於 T_e 值，而由公式(20)可知 T_e 值大於 T_w 值，換言之，其降溫極限無法低於當時之大氣濕球溫度值，而公式(20)與(21)之重要意義在於述明在無冷凍設備以機械能量移走溫室內熱能時，能使溫室內部溫度低於大氣溫度之最有效方式，在於此種蒸發冷卻環控方式。

七、未來研究之建議

由上述研究結果可知環境模式能夠準確地預測溫室內溫濕度的變化，且可用以進行溫室作業規量之用。但是此模式之成立條件基於許多假設，其中主要的假設在於溫室內部熱場與質場（水份）分佈爲均勻化，而在實驗中即以溫室中心點之量測值代表整個溫室之微氣候狀況，但在實地量測中，溫室上下各點溫度卻有差異性，此外在此研究中僅考慮溫室內部空氣之溫濕度，更深入之研究仍需執行。

㈠溫室內熱流、質流場之研究

溫室環控之目的在於提供植物生長之最佳環境，因此環控時植物生長部位（葉溫、根溫等）之微氣候控制成爲環控之主要目標。由於溫室之內部微氣候涉及了許多變數，以等位線方式描述其熱場與質場分佈對環控作業有極大之價值。利用有限差分法（Finite Dfference Method）或有限元素法（Finite Element Method），都可適用此種分析作業。

㈡溫室內植物，土壤溫度之研究

此模式中並未考慮植物葉溫，土壤溫度之影響性，在推廣研究中，應加入葉溫，土壤溫度之模擬分析項目，研究其溫度與溫室內氣溫之差異性。對於利用盆栽方式栽培之植物，更應包含盆栽介質溫度之研究。

㈢局部環控之研究

以實用之觀點，環控的範圍以植物生長最重要之部位爲主，例如育苗作業之根溫，花卉生長之生長點附近溫度……等，使用者已有在溫室內裝設各種局部環控之設施例如冬日在育苗盤上再覆蓋半圓隧道裝置以保溫。或夏季以冷水管通過育苗盤底部等方式以改良作物環境，此種局部環境之調整應加以量化爲環境模式之子模式，以合理規畫整體之環控需求。

㈣農業用感測系統之研究

溫室環境模式中所量測之大氣日照量、溫度、濕度，風向與風速等其量測值之性能顯著地影響了模式之準確性。因此適合農業環境所用之感測系統其感測元件之校正，雜訊之消除，長距離輸送之訊號不失眞……等技術均需要開發研究。

㈤環控策略之配合

環境模式在環控作業之最大價值在於環控策略之應用，在外在環境變化時，由環境模式之預測溫室內微氣候變化可用以進行前授式（Forward Type）控制，此在德國漢諾威大學已有實用技術可加以引用[2]。國內之環控技術可利用此研究得得環境模式配合前授式控制方式建立適用之環控技術。

㈥環境模式之推廣應用

此研究所建立之環境模式可修改其部份影響項目而適用於各型的農業設施，在作物生產所用設施方面，可修正使用於各類地面覆蓋（Mulch）與隧道型覆蓋（Tunnels）設施。在其他農業生產方面，可推廣應用於動物之生長環境如畜產，養蠶……等。

結　　構

綜合以上研究結果所得結論如下：

一、此研究對溫室模式以兩型溫室進行驗證作業，結果顯示模式對於溫濕度的預測性能良好，溫度之準確性於2°C之內，相對濕度之準確性於5％以內。

二、自文獻所得之覆蓋材料傳導係數等參數值僅能提供參考，適用適用特定溫室之參數值必須藉由實地量測數據加以校正。

三、以環境模式之預測能力評估農民慣用夏季溫室地面部份積水之降溫作業，結果顯示在配合通風作業下才有降溫效果，但降溫之幅度不大。

四、溫室模式中溫度之反應時間快速，顯示假設條件中時間不相關性可以成立，但在連棟溫室之模式利用時應加以研究其適用性。

五、由模式敏感度分析可知日照量對溫室內環境影響性最大，在低日照量無遮蔭狀態下溫室效應仍然十分顯著，因此遮蔭設備爲國內溫室降溫必備之裝置。以蒸發冷卻設備進行降溫作業時必須配合以下條件：大氣之濕度低，進入溫室內日照量小與蒸發冷卻設備效率高。

六、自環境模式可知利用自然通風與機械通風以進行降溫之極限在於與外界大氣溫度相同，以蒸發冷卻設備降溫之極限必然大於大氣之濕球溫度。

參考文獻

1. 王鼎盛・1988・設施園藝設計手册・初版・臺北。

2. 陳加忠・1991・種苗生產與溫室栽培自動化研習報告・農試所。

3. 陳加忠，賴建洲，陳志昇，黃照明・1992・溫室環境模式之研究（一）數學模式分析・中華農業研究41(1)：79—89。

4. Akhter, P., G. E. Meyer and J. A. Deshazer. 1988. Dynamic simulation of greenhouse environment and thermal storage. ASAE Paper. No. 88—4526 St. Joseph, MI.

5 Albright, L. D. I. Seginer, L. S. Marsh and A. 0ko. 1985. In situ thermal calibration of unventilated greenhouse. J. Agric. Engng Res. 31：265—281.

6. Albright, L. D. 1991. Environment control for animals and plants. lst ed. ASAE.

7. Avissar, R. and Y. Mahrer. 1982. Verification study of a numerical greenhouse microclimate model. Trans. of ASAE. 25：1711—1720.

8. Chandra, P., L. D. Albright and N. R. Scott. 1981.A time dependent analysis of greenhouse thermal environment. Trans. of ASAE. 24：442—449.

9. Duncan, G. A.O. J. Loewer and D. G. Colliver. 1981.Simulation of energy flows in angreenhouse：Magnitudes and conservation potential. Trans. of ASAE. 24：1014—1021.

10. Froehlich, D. P., L. D. Albright, N. R. Scott and P. Chandra. 1979. Steady-periodic analysis of glasshouse thermal environment. Trans. of ASAE. 22：387—339.

11. Jones, P., J. W. Jones and Y. Hwang. 1990・Simulation for determining greenhouse temperature setpoints. Trans of ASAE：33(5)：1722—1728.

12. Kindelan, M. 1980. Dynamic modeling of greehouse environment. Trans. of ASAE. 23：1233—1239・

13. Takakura, T., K. A. Jordan and L. L. Boyd. 1971. Dynamic simulation of plant growth and environment in the greenhouse. Trans. of ASAE. 14：964—971.

14. Walker, J. N., R. A. Aldrich and T. H. Short. 1983. Quantity of air flow for greenhouse structures. In "Ventilation of agricultural structures", ed. M. A. Hellickson and J. N. Walker, P. 257 | 277. ASAE.

15. 堀部和雄・1990・乾燥ハウえの集熱特性（第二報）農業機械學會誌・52(5)：51—57.

The Studies of the Greenhouse Environmental Model Part II. Verification and Application of Model[1]

C. C. Chen, C. C. Lai[2], C. S. Chen[3] and C. M. Huang[2]

Summary

In order to verify the accuracy and flexidility of the greenhouse environmental model, amount of data of microclimate for two type plastic greenhouses were collected at various conditions. Some of data were used to calibrate the numerical values of model parameters because those values from several literatures were different singificantly. Most of the measurement data were adopted to check the predictive ability of this model. The accuracy of the predicted temperature was nearly 2°C. The deviations of relative humidity were within 5%. The assumption of time-depentent for this model was valid. Numerical experiments were conducted to test the sensitivity of the model to some parameters. The results indicate the shading equipment is the essential device for the local greenhouse. The cooling ability of evaporating cooling method depends on the quantities of the solar energy transmitting into greenhouse, the relative humidity of the outside air and the operating efficiency of evaporating device. The limitation of the cooling temperature in greenhouse is equaled to the dry-bulb temperature of outside air for natural and mechanical ventilation, and the wet-bulb temperature for evaporating cooling.

Key words : Greenhouse, Model Verification

1. Contribution No. 1612 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Associate researcher, Assistant researcher and Researcher assistant, Depart. of Agricultural Engineering.
3. Assistant. Office of Earm Management. TARI, Taichung, Taiwan.

中華農業研究

第四十一卷　　第一期

中華民國八十一年三月出版

發行人：杜金池

總編輯：廖慶樑

編審委員：

農藝組：盧煌勝（主審）

呂秀英　陳一心　劉大江　劉新裕

蔡新聲

園藝組：蕭吉雄（主審）

沈再發　林昭雄　施昭彰　徐信次

曹幸之　陳敏祥　劉政道

農化組：連　深（主審）

張淑賢　劉慧瑛

植病組：彭金騰（主審）

林正忠　程永雄　蔡財旺　蔡武雄

昆蟲組：羅幹成（主審）

何琦琛　鄭　允　鄭清煥

農機組：梁連勝（主審）

陳加忠　顏欽崇

另聘請農業評議委員或各大學院校有關學者專家擔任審查委員。

Vol. 41, No. 1 March 1992

JOURNAL OF
AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

PUBLISHER : Director, C. C. Tu

EDITOR IN CHIEF : C. L. Liaw

EDITORIAL BOARD :

S. Lian (Agri. Chemistry)
L. S. Liang (Agri. Machinery)
K. C. Lo (Applied Zoology)
H. S. Lu (Agronomy)
J. T. Peng (Plant Pathology)
C. H. Shaw (Horticulture)

EDITORIAL ADVISORY BOARD :

S. S. Chang	M. S. Chen	Y. S. Chen	C. H. CHeng
Y. Cheng	Y. H. Cheng	C. C. Her	J. J. Lin
J. S. Lin	D. J. Liu	J. D. Liu	H. I. Liu
S. Y. Liu	H. Y. Lu	T. F. Shen	J. J. Shy
S. T. Shyu	W. H. Tsai	S. J. Tsao	H. S. Tsay
T. W. Tsay	C. C. Yen		

Reviewers of Related Fields are Invited from Universities, other Research Organizations, and the Evaluation Committee of Agricultural Researches, Taiwan Provincial Department of Agriculture and Forestry.

統一編號
030853810012

行政院新聞局出版事業登記證局版臺誌字一四八七號
中華郵政中臺字第〇三〇九號登記爲雜誌交寄

Vol. 41, No.1 Mar. 1992

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

(Formerly Journal of Taiwan Agricultural Research)

CONTENTS

Effects of N-fertilizer and Planting Density on the Yield of Forage Maize ············C. J. Shieh, H, S. Lu, C. L. Ho, W. H. Lin, J. L. Yang, C. K. Chen, S. S. Cheng and W. H. Chien··· 1

Allelopathic Potential of Purple Nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) and Barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.) on Corn (*Zea mays* L. cv. Tainung No. 1) II. Weed residue Effects on Corn Emergence and Seedling Growth ··················F. C. Chang and C. M. Yang··· 9

Studies on the Variability of Pod Length, Pod Width and Correlative Characters in Soybean Germplasm ··················K. L. Chan, S. F. Lin, C. K. Wei and H. J. Hung···24

Evaluation of the Quality on Rhizomes among Major Cultural Wasabi Varieties in Taiwan ·········M. F. Hu, J. Y. Wan and F. I. Liu···34

Studies on the Production Improvement and Labour Saving Technique of Yam (*Dioscorea alata* L.) ··················J. Y. Wang, Y. C. Lai, T. W. Tan and S. Y. Liu···43

Comparisons on the Agronomic Characteristics, Tuber Yield and Quality of Mai-Men-Tung Lines (Ophiopogon spp.) ··················Y. T. Shyu and S. Y. Liu···53

Trapping efficiency of yellow sticky cards for the serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess) on gerbera ··················C. L. Wang and F. C. Lin···61

Study on Bahia Grass Covering and Mulching for Mango Orchards on Steep Slopeland ··················C. S. Cheng···70

The Studies of the Greenhouse Environmental Model Part I. Mathematical Model Analysis ··················C. C. Chen, C. C. Lai, C. S. CHen and C. M. Huang···79

The Studies of the Greenhouse Environmental Model Part II. Verification and Application of Model ··················C. C. Chen, C. C. Lai, C. S. Chen and C. M. Huang···90

Published by

THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE

Taichung, Taiwan, Republic of China